

Audiologie von Berufsmusikern

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae dentariae

(Dr. med. dent.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät der

Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Lars Rudel

geboren am 14.08.1979 in Beckendorf-Neindorf

Gutachter :

1. Priv. Doz. Dr. Frank Richter
2. Prof. Dr. rer. nat. Sebastian Hoth, Heidelberg
3. Prof. Dr. med. em. Hilmar Gudziol

Tag der öffentlichen Verteidigung : 03.07.2007

Inhaltsverzeichnis	Seite
Abkürzungsverzeichnis	4
1. Einleitung	5
2. Methodik	17
2.1. Fragebögen	17
2.2. Audiometrische Untersuchungen	20
2.2.1. Reintonaudiometrie	20
2.2.2. Otoakustische Emissionen	20
2.3. Dosimetrie- und Schalldruckpegelmessungen	21
2.4. Auswertung	22
3. Ergebnisse	23
3.1. Fragebögenauswertung	23
3.2. Altersverteilung der untersuchten Orchester	28
3.3. Dosimetrie- und Schalldruckpegelmessungen	30
3.3.1. Probenräume – Dosimetrie	30
3.3.2. Probenräume – Schalldruckpegelmessungen	32
3.3.3. Orchestergraben - Dosimetrie	35
3.4. Audiometrie- und Otoakustische Emissionen	37
3.4.1. Reintonaudiometrie	37
3.4.2. Otoakustische Emissionen	41
3.4.3. Seitendifferenzen, Geschlechtsunterschiede und Altersvergleiche	47
4. Diskussion	49
5. Zusammenfassung	58
6. Literaturverzeichnis	60
Ehrenwörtliche Erklärung	70
Danksagung	71
Lebenslauf	72

Abkürzungsverzeichnis

(A)	Frequenzbewertung mit A-Filter
BERA	brainstem electric response audiometry
BGV	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift
BK	Berufskrankheit
dB	Dezibel
DIN	Deutsches Institut für Normung
DPOAE	Distorsionsprodukte der otoakustischen Emissionen
HL	Hearing Level (gehörter Schallpegel)
HNO	Hals-Nasen-Ohren
IHC	Innere Haarzellen (Inner Hair Cells)
ISO	International Organization for Standardization
L_A	A-bewerteter Summenpegel
$L_{Aeq,i}$	anteiliger energieäquivalenter Dauerschallpegel
L_{Ard}	Personenbezogener Beurteilungspegel für einen Arbeitstag
L_{eq}	Energieäquivalenter Dauerschallpegel
L_{eqI}	Impulsbewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel
L_{feq}	Energieäquivalenter Dauerschallpegel für die entsprechende Frequenz
$L_{fF} (max)$	Spitzenpegel des energieäquivalenten Dauerschallpegels für die entsprechende Frequenz
OAE	Otoakustische Emissionen
OHC	Äußere Haarzellen (Outer Hair Cells)
PTS	Permanente Hörschwellenverschiebung
SPL	Schalldruckpegel (Sound Pressure Level)
TEOAE	Transitorisch evozierte otoakustische Emissionen
T_i	Zeitintervall einer Lärmexposition
TTS	Temporäre Hörschwellenverschiebung
UVV	Unfallverhütungsvorschrift

„Musik wird oft als Lärm empfunden,
da sie mit Geräusch verbunden.“
- Wilhelm Busch

„Wenn du malen willst, male.
Es ist besser als Klavier spielen.
Es ist nicht so laut.“
- Stefan Heym

Musik wird als angenehm empfunden und manchmal muss sie laut sein, um ihre emotionale Wirkung zu entfalten. Für Berufsmusiker ist der Direktschall, der vom benachbarten oder dem eigenen Instrument unmittelbar ans Ohr gelangt, ausschlaggebend. Auf Grund der vorwiegend in geschlossenen Räumen stattfindenden Berufsausübung kommt es im Gegensatz zur Schallausbreitung im Freien zu einem diffusen Schallfeld. Die Flächen des Raumes sind hier als voll reflektierend anzusehen, lediglich in unmittelbarer Nähe der Schallquelle nimmt der Pegel wie im Freifeld ab (Abb. 1).

$$L(r) = L(r_0) - 20 \lg(r/r_0) \text{ dB}$$

Die Leistung verteilt sich auf die wachsende Fläche $2\pi r^2$:

$$J_d = c w_d = \frac{P}{2\pi r^2}$$

Durch beengte Platzverhältnisse in den Orchestergräben verringern sich die Abstände zwischen Ohr und Nachbarinstrumenten, wodurch der Lärmpegel zusätzlich ansteigt.

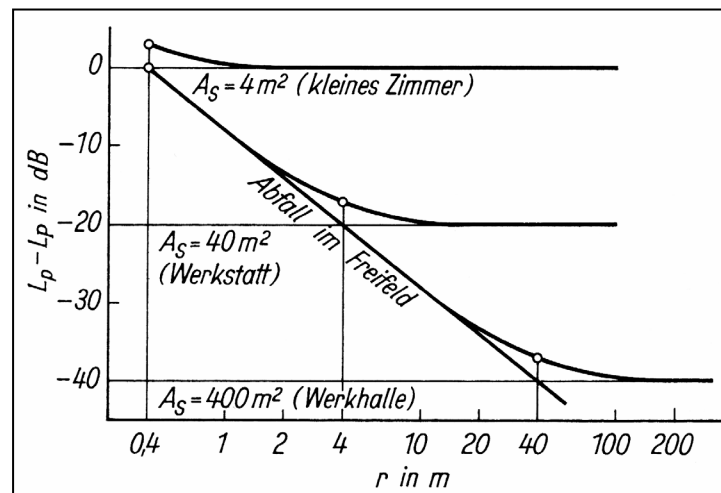


Abbildung 1: Abfall des Schalldruckpegels im Freifeld und in halligen Räumen (aus Dieroff - Lärmschwerhörigkeit, 1994)

Insbesondere die klassische nach hinten ansteigende Sitzordnung im Orchester birgt Gefahren für das Gehör, denn die Schalltrichter von Blechblasinstrumenten und Schlaginstrumenten befinden sich dadurch häufig unmittelbar hinter dem Ohr anderer Musiker (Westmore und Eversden 1981; Laitinen 2003).

In der Literatur sind zahlreiche Lärmexpositionsmessungen bei Musikern beschrieben. So wurden Schallexpositionen in Orchestergräben bei verschiedenen Stücken gemessen. In Untersuchungen von Lee (2005) zeigte sich, dass Trompeten, Horn und Piccoloflötenspieler erhöhten Lärmpegeln von 90-92 dB(A) ausgesetzt sind. Während bei den Violinen im Mittel 85 dB(A) gemessen wurde, waren bei den Cellisten und Schlagzeugern wiederum 88 – 89 dB(A) zu verzeichnen. Gemittelt auf alle Instrumente ergab sich so ein Schalldruckpegel von 89,3 dB(A).

Vergleichbare Ergebnisse ergaben die Untersuchungen von Babin (1999). Hier wurden Schallexpositionen im Orchestergraben bei Broadway Shows gemessen. Bei 17 Aufführungen konnte ein mittlerer Schallpegel von 91,05 dB(A) bestimmt werden.

Schalldruckpegelmessungen an der finnischen Nationaloper von Laitinen (2003) ergaben wiederum ein ähnliches Bild. Während die Messpunkte bei Dirigent, Tänzern und Kontrabass meist Lärmpegel von unter 85 dB(A) aufwiesen, ergaben Messungen bei Schlagzeugern / Pauken 95 dB(A), Piccoloflötenspieler 95 dB(A), Blechbläsern 92 – 94 dB(A) und anderen Orchestermittgliedern 83 – 89 dB(A). Solisten und Klavierspieler waren meist Pegeln von >84 dB(A) ausgesetzt. Individuelle Proben waren mit 79 – 100

dB(A) lärmtechnisch äquivalent zu Aufführungen und Gruppenproben mit 82 – 99 dB(A). Zusammenfassend konnte bei der Mehrheit der Musiker eine Schallbelastung von mehr als 85 dB(A) gemessen werden.

In der “Unfallverhütungsvorschrift Lärm“ (BGV B 3) sind seitens der Berufsgenossenschaften für zahlreiche Berufszweige und Tätigkeiten klare Grenzwerte hinsichtlich der Lärmbelastung der Arbeitnehmer durch ihre Ausübung definiert. So ist nach § 2 Abs. 1 bei Beurteilungspegeln zwischen 85 und 89 dB(A) grundsätzlich die Gefahr von Gehörschäden bei lang andauernder Belastung gegeben, die bei Pegeln über 90dB(A) noch deutlich zunimmt. Als Bewertungsmaßstab gilt der Beurteilungspegel über eine Arbeitsschicht von acht Stunden, wobei T_i als Zeitintervall des anteiligen energieäquivalenten Dauerschallpegels $L_{Aeq,i}$ in dB(A) definiert ist :

$$L_{Ard} = 10 \lg \left[\frac{1}{8} \sum_i 10^{0,1 L_{Aeq,i}} * T_i \right] \text{ dB(A)}$$

Der energieäquivalente Dauerschallpegel ist ein Mittelungsschallpegel, der den gleichen Energiegehalt repräsentiert wie ein über den Mittelungszeitraum wirkendes zeitlich schwankendes Schallereignis. Aus der vergleichenden Analyse von Lärmexposition und der Häufigkeit der Diagnose einer Berufskrankheit „Lärmschwerhörigkeit“ BK 2301 konnte ermittelt werden, dass beim Aufenthalt in Lärmbereichen von wesentlich weniger als acht Stunden Gehörschäden nicht zu erwarten sind, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

1. Der personenbezogene Beurteilungspegel unterschreitet 85 dB(A).
Bei Einwirkung folgender Schalldruckpegel und Wirkzeiten wird der Beurteilungspegel von 85 dB(A) erreicht :
 - 85 dB(A) in 8 Stunden
 - 88 dB(A) in 4 Stunden
 - 91 dB(A) in 2 Stunden
 - 94 dB(A) in 1 Stunde
 - 97 dB(A) in 30 Minuten
 - 100 dB(A) in 15 Minuten
 - 105 dB(A) in 4,8 Minuten
2. Der ortsbezogene Beurteilungspegel im Lärmbereich unterschreitet 105 dB(A).

3. Der Höchstwert des nicht bewerteten (linearen) Schalldruckpegels erreicht zu keiner Zeit 140 dB. Dieser Schalldruckpegel ist mit einem Schallpegelmesser nach DIN EN 60 651 oder DIN EN 60 804 in der Zeitbewertung „Peak“ und in der Frequenzbewertung „Lin“ (linear) zu messen.

Hörschäden entstehen meist langsam in einem Zeitraum von 10 und mehr Jahren, sie entwickeln sich für die Betroffenen schleichend, meist unbemerkt und sind nicht heilbar. Auf Grund solcher Belastungen kann im Einzelfall eine Lärmschwerhörigkeit entstehen und unter bestimmten Voraussetzungen als Berufskrankheit anerkannt werden. Sie ist nach wie vor die am häufigsten anerkannte und entschädigte Berufskrankheit (BK 2301) in Deutschland. In jedem Jahr werden über 10000 Fälle der beruflichen Lärmschwerhörigkeit angezeigt (Plinkert et al. 1995).

Da Musiker keiner Berufsgenossenschaft angehören bzw. es von staatlicher Seite keine Kontrollinstitutionen hinsichtlich Lärmschäden durch Berufsausübung gibt, ist in der BK 2301 kein Berufsmusiker mit anerkannter Lärmschädigung enthalten.

Hier zeigt sich ein gesellschaftliches Problem. Nach weit verbreiteter Meinung hat ein Berufsmusiker sein Hobby zum Beruf gemacht, er setzt sich freiwillig dem „Lärm“ aus, und es stellt sich nicht die Frage, ob er die durch seine Berufsausübung „selbst verschuldete“ Lärmschwerhörigkeit als Berufskrankheit anerkannt oder gar entschädigt bekommen müsste.

Aus Interviews mit den Musikern unserer Studie konnten wir erfahren, dass sich Orchestermusiker klassischer Musik mit Hörstörungen im Orchester stärker konzentrieren müssen als ihre ohrgesunden Kollegen. Diese erhöhte Konzentration, verbunden mit Verunsicherung bei der Intonation, wird von vielen Musikern als zusätzlicher Stress erlebt. Schon eine leichte Innenohrschwerhörigkeit verbunden mit Tinnitus und/oder dem Zustand nach Hörsturz können zur Berufsunfähigkeit führen.

Trotzdem reagieren Musiker in der Regel sehr sensibel, wenn es um eventuell anstehende Untersuchungen ihres Gehörs geht, ist es doch nicht zuletzt ihr Hauptkapital. Hinzu kommt, dass praktisch an allen deutschen Orchestern auf hohem professionellen Niveau gearbeitet und musiziert wird und die Musiker dementsprechend unter einem großen Erfolgsdruck stehen. Ein Musiker, dem offiziell ein Lärmschaden attestiert wird, gilt in Orchesterkreisen möglicherweise als vermindert leistungsfähig.

Es ist somit nicht verwunderlich, warum es bei Musikern bis heute noch keine Anerkennung eines Lärmschadens als Berufskrankheit gibt.

Doch wie kommt es zu einem dauerhaften Hörschaden, wie ist der Mechanismus der Schädigung ?

Die Schallumsetzung im Innenohr ist ein dreistufiger Vorgang. Durch Schwingungen des Stapes am ovalen Fenster der Cochlea bildet sich eine wellenförmige, zur Schneckenspitze fortlaufende Wanderwelle aus. Auf Grund der vom Stapes zum Helikotrema im Verhältnis von 100:1 abnehmenden Steifigkeit der Basiliarmembran und der Trägheit der schwingenden Massen entsteht für jede Anregungsfrequenz an einem spezifischen Ort ein Amplitudenmaximum. Die spektralen Komponenten eines Schallreizes werden so getrennt und an verschiedenen Orten der Cochlea repräsentiert. Im Bereich dieses Amplitudenmaximums werden die Stereozilien der äußeren Haarzellen (OHC) am stärksten abgebogen. Es entsteht ein Rezeptorpotential, wodurch die äußeren Haarzellen aktive, frequenzspezifische, oszillierende Längenveränderungen durchführen und die Wanderwelle verstärken, so dass die Stereozilien der inneren Haarzellen (IHC) ebenfalls abgebogen werden. Es kommt zu einer Transmitterausschüttung an den IHC, die den Hörnerv erregt, welche jedoch erst durch die Wellenverstärkung über die äußeren Haarzellen ermöglicht wird. Die äußeren Haarzellen stellen somit einen entscheidenden Abschnitt bei der Verarbeitung eines Schallsignals dar (Zenner, 1994).

Durch Überlastung des Ohres mit Beurteilungspegeln oberhalb empfohlener Grenzwerte kann es auf Grund der dadurch erhöhten kinetischen Energie der Wanderwelle zu Beschädigungen der Stereozilien der äußeren Haarzellen kommen. Entsprechende akustische Traumen können in Form von sehr schnell ansteigenden Schalldruckpegeln, aber auch durch chronische Lärmeinwirkungen zu teilweise irreversiblen Schädigungen des Corti-Organs führen. Dies kann ein Zerreißen, eine Fusion oder Destruktion von Stereozilien an äußeren und inneren Haarzellen und konsekutiver Degeneration der Zelle bedeuten (Dieroff, 1994). Feine Schäden im Aufbau, wie z. B. ein Zerreißen der tip-links, führen zu erheblichen Funktionsstörungen ohne lichtmikroskopisch erkennbare Veränderungen. Tip-links verbinden als feine Eiweißfäden die einzelnen Stereozilien einer Zelle miteinander. Sie besitzen eine wichtige Aufgabe in der Regulierung des Ioneneinstroms und damit der Depolarisation der Zelle (Pickles et al., 1984). Eine Zerstörung dieser Strukturen beeinträchtigt den über Transduktionskanäle stattfindenden Kalium/Kalzium-Stoffwechsel zwischen der Endolymphe und dem Zellinneren und damit das Depolarisationsverhalten der Zelle. Das hat eine Schädigung des cochleären Verstärkers zur Folge (Meyer und Gummer, 2000).

Für die Entwicklung einer Lärmschwerhörigkeit sind die zwei wichtigsten Faktoren die Zeit und die Intensität. Beide Faktoren verhalten sich etwa umgekehrt proportional.

Schädigungen des Innenohres mit dem Corti-Organ sind jedoch sehr oft auch multifaktoriell bedingt (Zenner 1994; Naumann 1994; Boenninghaus und Lenarz 1993). So kann beispielsweise der Gebrauch bestimmter Medikamente ototoxische Auswirkungen hervorrufen. Neben den durch Chinin, Salicylate und Arsen-Präparate hervorgerufenen Innenohrschwerhörigkeiten stehen heute diejenigen im Vordergrund, die durch Antibiotika, besonders durch die basischen Streptomyces-Aminoglycosid-Antibiotika, wie z.B. Gentamycin und Neomycin (Lutz, Lenarz, Weidauer et al. 1991; Duvall, Robinson und Feist 1991), hervorgerufen werden. Alle diese Antibiotika führen zu Schädigungen im Corti-Organ, an der Stria vascularis und vereinzelt im Ganglion spirale.

Weiter von Bedeutung sind Schleifendiuretika (Ethacrynsäure, Furosemid). Ihre ototoxischen Eigenschaften wurden erstmals von Maher und Schreiner (1965) beschrieben und fanden seitdem in zahlreichen Publikationen ihre Bestätigung (z.B. Rybak et al. 1991). Die Ionenpumpen der Stria vascularis stellen hier den primären Angriffspunkt dar, bei Überdosierung bricht das endolymphatische Potential zusammen und es kommt zu Hörstörungen.

Aus der Vielfalt der übrigen Medikamente, die zur Innenohrschwerhörigkeit führen können (Lokalanästhetika, Thioharnstoffderivate, Tranquilizer), seien die Cytostatika herausgestellt. So kann es unter Medikation mit Bleomycin, Cisplatin, 5-Fluoruracil (Plinkert et al., 1991; Beck et al., 1992) oder Carboplatin (Bauer et al., 1992) zu einer Schädigung des Innenohres kommen.

Auch Genussmittel wie Alkohol, Nikotin und Rauschgifte können eine Innenohrschwerhörigkeit hervorrufen. Sie dürfte nach allen Untersuchungen vorwiegend durch eine Beeinflussung der zentralen Regionen zustande kommen (Beck, 1979). An dieser Stelle wirken verschiedene Umweltgifte, wie z.B. Nitrobenzol, Kohlenmonoxid und Anilin ebenfalls ototoxisch.

Eng verknüpft mit den toxischen Innenohrschwerhörigkeiten sind Hörstörungen, die von Veränderungen im Mittelohr ausgehen. So kann beispielsweise als Folgen einer Labyrinthitis, die am häufigsten tympanogen entsteht, Schwindel und Schwerhörigkeit resultieren. Desweiteren kann es durch akut eitrige Mittelohrentzündungen und bei

chronischer Otitis media zu einer Diffusion von Toxinen ins Innenohr und damit zu einer langsam zunehmenden Innenohrschwerhörigkeit kommen.

Nach Dieroff (1994) bestehen verschiedene Möglichkeiten, dass eine Otosklerose eine Innenohrschwerhörigkeit verursachen kann. So kann es durch die Ausdehnung des sklerosierten Herdes zu einer mechanischen Beeinflussung der Strukturen kommen. Eine Störung der Cochleadurchblutung oder wiederum toxische Schädigungen durch Stoffwechselprodukte der Otoskleroseherde sind ebenfalls möglich.

Bei einer hinsichtlich Lärmschwerhörigkeit untersuchten Gruppe ergeben sich so, bedingt durch eine Vielzahl ototoxischer Noxen, zahlreiche Kausalitätszusammenhänge. Es muss deshalb, nicht zuletzt um Messfehler zu minimieren, vor Untersuchungsbeginn von jedem Probanden ein anamnestisches Profil erstellt werden, in welchem die neben dem ausgesetzten Lärmpensum zahlreiche Cofaktoren für einen möglicherweise bestehenden Hörverlust erfragt werden. Zusätzlich sind jeweils vor Untersuchungsbeginn beide Ohren zu untersuchen, bzw. ist sicher zu stellen, dass sich der zu untersuchende Musiker in HNO-ärztlicher oder berufsmedizinischer Betreuung befindet, um möglicherweise im Vorfeld nicht erkannte Vorerkrankungen auszuschließen.

Die Arbeit eines Berufsmusikers in einem klassischen Orchester stellt hohe körperliche und geistige Anforderungen. Da die Teilnahme an den Messungen auf freiwilliger Basis gründet, sollten die Messungen weder zeitlich, noch körperlich unnötig belastend sein. Ebenfalls sind Messungen der Vorzug zu geben, die mit geringem Aufwand direkt in den Orchestern, z.B. in Proberäumen oder Orchestergräben, durchzuführen sind. Generell sollten die Messungen einfach handhabbar und mit geringem Personal- und Kostenaufwand realisierbar sein.

Aus der Anamneseerhebung und den zu erwartenden Ergebnissen ist von einer, durch den Berufsalltag des Musikers, auf das Innenohr begrenzten Schädigung auszugehen. Die Untersuchungsmethoden unterteilen sich hier in subjektive und objektive Messungen.

Auf der Seite der subjektiven Messungen bietet sich die Audiometrie in Form von Reintonaudiometrie und Sprachaudiometrie an.

Auf der Seite der objektiven, d.h. ohne Mithilfe des Probanden durchführbaren, Audiometriemessungen ergeben sich wiederum verschiedene Untersuchungsmöglichkeiten. Neben der eigentlichen Hörprüfung kann beispielsweise mit Hilfe einer BERA-

Untersuchung (brainstem evoked response audiometry) zwischen einer cochleären und retrocochleären Schädigung unterschieden werden. Durch die anamnestischen Vorgaben und der damit klaren Abgrenzung des Probandenmaterials auf cochleäre Schädigungen besteht für diese Untersuchungsmethode jedoch keine Notwendigkeit. Ein gesicherter Nachweis des Recruitments (Lautheitsausgleich) für die Einschätzung einer Lärmschwerhörigkeit gelingt hier auch nur bei pancochleären Innenohrschäden (Dieroff, 1994). Auch Lehnhardt und Laszig (2000) geben an, dass bei cochleobasalen Innenohrschädigungen die Resultate wegen der Hochtonhörverluste aufgrund der Besonderheit der akustischen Stimulationstechnik nicht beweiskräftig sind.

Eine weitere theoretische Möglichkeit für die Diagnostik bietet die Messung von cochleären Mikrophonpotentialen. Durch kaum reproduzierbare Elektrodenlagen im Gehörgang und der daraus resultierenden ungenauen Messergebnisse ist sie jedoch nicht zu empfehlen. Um letzteres auszuschließen, ist eine Platzierung auf dem Promontorium unter Durchstechung des Trommelfells notwendig, was für die Diagnostik einer Lärmschwerhörigkeit nicht gerechtfertigt scheint (Dieroff, 1994).

Als bestes nicht-invasives Verfahren zur Diagnostik der Vitalität der äußeren Haarzellen bietet sich die Messung der Otoakustischen Emissionen (OAE) an. Von Kemp (1978) wurde erstmals ein aus dem Ohr kommendes scheinbares Echo, die Otoakustischen Emissionen (OAE), beschrieben. Die OAE werden im Innenohr von den äußeren Haarzellen (OHC) als aktive Antwort auf akustische Reize erzeugt (siehe Abbildung 2).

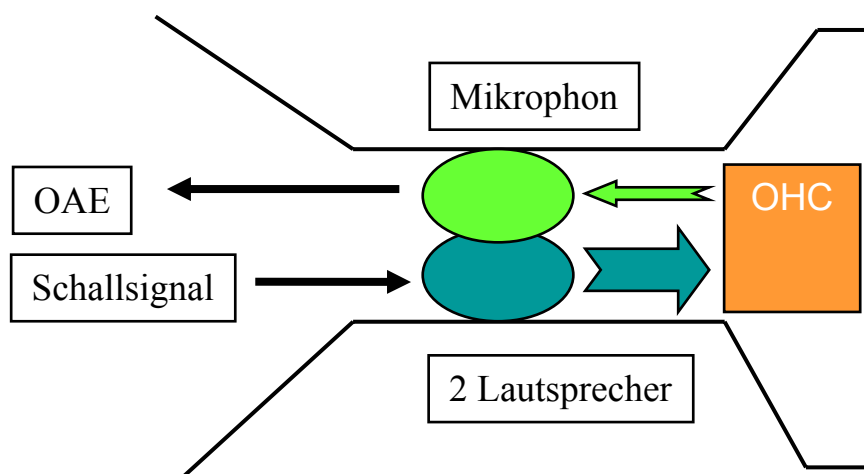


Abbildung 2: Messprinzip der Otoakustischen Emissionen

Ausgehend von der Annahme, dass Hörverluste, die auf Innenohrschäden zurückzuführen sind, mit einer Abnahme der OAE-Amplitude korrelieren, wurden in den Folgejahren die OAE von verschiedenen Autoren neben der konventionellen Audiometrie als Indikatoren zur Erfassung cochleärer Hörstörungen vorgeschlagen (Mathis et al. 1991; Hauser et al. 1991; Gobsch 1993; Wagner, Plinkert 1999). Wegen der einfachen Handhabbarkeit werden die Distorsionsprodukte der Otoakustischen Emissionen (DPOAE) in großem Maße zur Erfassung von Innenohrschäden nach Einwirkung von Lärm genutzt (Kimberley et al. 1994; Probst und Hauser 1993). Hinzu kommt, dass der Untersucher von der Compliance des Patienten unabhängig ist. Cochleäre Hörstörungen lassen sich auf diese Weise mit Hilfe der Messung der OAE objektiv erfassen (Emmerich et al. 2005).

In früheren Studien wurden bereits zahlreiche Untersuchungen zu Hörstörungen an Berufsmusikern durchgeführt, die teilweise zu unterschiedlichen Ergebnissen führten. Axelsson und Lindgren stellten 1981 fest, dass bei 42% der an der Untersuchung teilnehmenden Musiker eines Opernhauses größere Hörverluste ermittelt wurden, als dies, gemessen an ihrem Alter, zu erwarten gewesen wäre. Zahlreiche weitere Studien, die sowohl klassische als auch Popmusik beinhalten, kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Musiker hören demnach schlechter, als man es entsprechend ihres Alters erwarten würde (Lebo und Oliphant 1968; Westmore und Eversden 1981; Jansson und Karlsson 1983; Hart, Geltman et al. 1987; Ostri, Eller et al. 1989; Royster, Royster et al. 1991; Fearn 1993; Henoeh 1999; Kahari, Zachau et al. 2003). Dem gegenüber fand Westmore (1981), dass sich trotz otovulnerabler Lärmpegel in Klassischen Orchestern nur teilweise lärminduzierte Hörverluste nachweisen ließen. In Bezug auf Übungszeiten der Musiker waren sie nicht nachweisbar. So wurden beispielsweise bei 140 Musikern des Sinfonieorchesters und der Oper in Göteborg / Schweden keine signifikanten Nachweise gefunden, welche die gemessenen Hörverluste mit der Berufsausübung der Musiker in einen direkten Zusammenhang bringen konnten (Kahari, 2001). In Folgestudien konnten hinsichtlich des Hörverlustes bei Berufsmusikern, die teilweise bis zu 16 Jahren Berufslärm ausgesetzt waren, in Bezug zu einer Vergleichsgruppe der ISO 7029, keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Deutliche Hörverluste waren den Lärmpegeln im Orchester nicht zuzuordnen, es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass die Hörverluste mit zunehmendem Alter der Musiker deutlicher ausgeprägt sind (Kahari et al. 2001). In einer Folgestudie von Kahari (2001) wurde die Hörvermögensentwicklung in Bezug auf Unterschiede zwischen männlichen und

weiblichen Musikern untersucht und Schwellwertverschiebungen (PTS) mit einer Kontrollgruppe verglichen. Die Ergebnisse der Reintonaudiometrie zeigten hierbei keine deutlichen Unterschiede bezogen auf die Kontrollgruppe, jedoch wiesen die männlichen Musiker ein schlechteres Hörvermögen als ihre Kolleginnen auf, spielten jedoch auch die lautesten Instrumente. In einer späteren Studie, bei der 279 Musiker mit Hilfe von Reintonaudiometrie und Fragebögen untersucht wurden, fanden sich speziell bei den Holz -und Blechbläsern schlechtere Audiometriekurven. Es gab keine überzeugende Verbindung zwischen sozialen Faktoren, wie z.B. Schwierigkeiten, nach der Arbeit zu entspannen, höherem Stress während der individuellen Vorbereitung, zu wenig Schlaf und höherem wahrgenommenen Soundlevel und dem Hörvermögen. Vielmehr werden positive und negative Stresseffekte auf das Gehör diskutiert (Kahari et al. 2004).

In vielen Orchestern sind die Hörverluste mit der Sitzposition im Orchester assoziiert. Musiker, die vor Blechblasinstrumenten, Pauken oder Schlagwerk saßen, wiesen ein deutlich schlechteres Hörvermögen auf als ihre Kollegen (Westmore und Eversden 1981). Auch Johnson et al. (1986) untersuchte die Hörsensitivität hinsichtlich Instrumententyp, Orchesterzugehörigkeit und Platz im Orchester. Die Ergebnisse waren hier ähnlich denen der Kontrollgruppe – es ließ sich kein größerer Hörverlust bestimmter Instrumentengruppen gegenüber den anderen und keine signifikante Assoziation zum Sitzplatz im Orchester nachweisen. Dem gegenüber unterliegen Hörminderungen nach Fearn (1993) einer großen individuellen Streuung. Ältere Musiker hatten generell schlechtere Audiogramme. Es wurde angemerkt, dass Musiker, außer bei Schlagzeug und Pauken, meist nicht durch das eigene Instrument hohen Dosen ausgesetzt sind, sondern vielmehr durch andere Instrumente um sie herum in den Orchestern ein erhebliches Schädigungspotential entsteht. Eine Lärmpause von 12 Stunden zwischen den Konzerten wäre daher empfehlenswert. Daneben kann es jedoch auch zu seitendifferenten Schädigungen durch das gespielte Instrument selbst kommen. So haben Violinisten und Flötisten, entsprechend ihrer Instrumentenhaltung, ein erhöhtes Risiko für das Entstehen eines schlechteren Gehörs im linken Ohr (Ostri, Eller et al. 1989).

Doch warum kommen die hier aufgeführten Studien zu teilweise so unterschiedlichen Ergebnissen ?

Neben den meist gegebenen Kompromissen und Einschränkungen, denen jede Untersuchung an bestimmten Berufsgruppen unterworfen ist, sind die Unterschiede möglicherweise auch durch die Untersuchungsmethodik zu erklären. In einzelnen Studien wurden gezielt Lärmdosen in bestimmten Orchestern gemessen, andere Studien beschränkten sich auf eine Untersuchung mit Hilfe von Fragebögen und Reintonaudiometrie, vereinzelt wurden diese Erkenntnisse auch miteinander kombiniert (Babin 1999; Kahari 2001, 2003, 2004; Laitinen 2003; Lee 2005).

Die Erkenntnis, dass ab bestimmten Lärmdosen das Gehör geschädigt wird, ist unbestritten. Es stellt sich jedoch die Frage, ob die Reintonaudiometrie allein für die diagnostische Begutachtung eines Hörschadens, bezogen auf die Orchesterbelastung, ausreicht. Hinsichtlich der teilweise immensen Lärmpegel in den Orchestern können Schädigungen möglicherweise bereits bestehen, noch bevor die Reintonaudiometrie einen Hörverlust anzeigt.

An dieser Stelle soll diese Studie ansetzen, um mit Hilfe der Otoakustischen Emissionen, in Kombination mit Schallexpositionsmessungen, anamnestischen Voruntersuchungen und Reintonaudiometrie diese Lücke zu schließen.

Bereits Prasher et al.(1999) wiesen nach, dass sich mit Otoakustischen Emissionen vorhandene Cochleaschäden noch vor der Reintonaudiometrie diagnostizieren ließen. In DPOAE-Untersuchungen von Dorn et al (1998) an Ohren, die einen Hörverlust von 20 dB HL nicht überschritten, ließen sich hinsichtlich Alter, Schwellwert und Frequenz signifikante Verbindungen nachweisen. Die Amplituden der DPOAE waren indirekt proportional zu Alter, Schwellwert und Frequenz.

Eine bestehende Hörminderung wird erst dann audiometrisch erfasst, wenn etwa die Hälfte der Haarzellen eines Frequenzbereiches bereits zugrunde gegangen ist. Der degenerative Prozess durch ständige Überlastungen des Sinnesorgans verläuft deshalb lange Zeit unmerklich. Er lässt sich lediglich mit Hilfe der Otoakustischen Emissionen (OAE) nachweisen und ggf. kontrollieren (Plath, 1994).

Zusätzlich soll in dieser Arbeit der Bereich der Prävention von Hörschäden bei Orchestermusikern aufgegriffen werden. Aus zahlreichen Studien, in denen Orchestermusiker befragt wurden, ging hervor, dass die Lärmbelastung in den Orchestern als Problem von den Mitarbeitern erkannt wird und sich die Musiker, bezogen auf mögliche Hörverluste, als gefährdet einschätzen (Ostri 1989; Harper 2002).

Zusammenfassend ergeben sich folgende Fragestellungen :

- 1) Haben Berufsmusiker ein schlechteres Hörvermögen
 - a) als ihre gleichaltrigen Nicht-Musiker-Kollegen ?
 - b) in Abhängigkeit von der Zeit der Berufsausübung / Probezeit usw. ?
 - c) in Abhängigkeit vom gespielten Instrument ?
 - d) in Abhängigkeit vom Platz im Orchester ?
- 2) Gibt es ggf. Unterschiede in der Hörminderung (wenn 1. zutrifft) zwischen Musikern, die Hörschutz nutzen, und denen, die es nicht tun ?
- 3) Inwieweit lassen sich die Hörminderungen eindeutig der orchesterbedingten Lärmexposition zuordnen (Sozialanamnese etc.) ?
- 4) Welche Forderungen sind zur Lärmprävention / Lärminderung bei klassischen Orchestermusikern abzuleiten ?

2. Methodik

Es wurden 107 Berufsmusiker von 3 staatlichen Orchestern in Deutschland audiometrisch untersucht. Hierbei handelte es sich um die Staatskapelle in Weimar, die Semperoper in Dresden und die Philharmonie in Jena.

Die Untersuchungen erfolgten mit Hilfe von Reintonaudiometrie und Otoakustischen Emissionen (OAE) in Form von Distorsionsprodukten (DPOAE).

Alle untersuchten Musiker befinden sich in berufsmedizinischer Betreuung.

2.1. Fragebögen

Vor Messbeginn füllten die Musiker einen in Zusammenarbeit mit Psychologen der Universität Jena entwickelten Fragebogen aus. Es wurde gezielt nach bestimmten Faktoren gefragt, deren Einfluss auf das Gehör bekannt ist. (Abbildungen 3 und 4)

Abbildung 3: Seite 1 des Anamnesefragebogens

Bitte beantworten Sie folgende Fragen:		Ja	Nein
1. Sind in der Familie Schwerhörigkeiten oder Taubheit bekannt ? (Eltern, Großeltern, Geschwister)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2. Sind Sie wegen schwerwiegender Erkrankungen in ärztlicher Behandlung? (z.B. Schilddrüsenfunktionsstörungen, Verletzungsfolgen...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Wenn JA, bitte kurze Angaben:			
3. Hatten Sie Infektionskrankheiten wie z.B. Scharlach, Diphtherie, TBC, Röteln, Mumps	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
andere? Wann?			
4. Mussten Sie früher antibiotische Medikamente (z.B. Gentamycin, Kanamycin) einnehmen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
andere? Wann? Warum?			
5. Gab es früher oder gibt es jetzt häufig Mittelohrerkrankungen mit ärztlicher Behandlung ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
6. Gab es früher oder gibt es jetzt andere Ohrerkrankungen mit ärztlicher Behandlung ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Wenn JA, bitte kurze Angaben:			
7. Wurden Ohroperationen durchgeführt ? Links? Rechts? beidseits? Warum und wann?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
8. Neigen Sie zu vermehrter Ohrschmalzbildung ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
9. Haben Sie häufig Kopfschmerzen ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Wenn JA, vor den Proben ? <input type="radio"/> nach den Proben? <input type="radio"/> Wann sonst?.....			
10. Treten manchmal Ohrgeräusche auf?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Wenn JA, vor den Proben ? <input type="radio"/> nach den Proben? <input type="radio"/> sonst?.....			
11. Fühlen Sie sich in Ihrer Freizeit durch Lärm belästigt? Wodurch z.B.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Abbildung 4: Seite 2 des Anamnesefragebogens

Bitte geben Sie folgende Daten hier an:	
1. Name	Vorname
2. Anschrift	
3. Orchesterzugehörigkeit : a. Weimar b. vorheriges:	
a. seit	
b. von - bis.....	
4. Geburtsdatum und weiblich oder männlich	
5. Instrument und wie lange wird das Instrument gespielt	
andere Instrumente	
6. Vor / neben welchen Instrumenten sitzen Sie im Orchester?	
immer vor	
vor keinem	
anderen	
7. Wieviel Stunden üben Sie am Tag durchschnittlich?Std.	
8. In einer Woche?Std.	
8. Wieviel Stunden gibt es im Orchester Proben	
pro TagStd.
pro WocheStd.
im JahrStd.
Ich bin mit diesen Untersuchungen einverstanden	
(Unterschrift)	
Ort und Datum	

Die Musiker wurden in 4 verschiedene Altersgruppen, zwischen 30-39, 40-49, 50-59 und 60-69 Jahren, unterteilt. Die sich im Mittel um 10 Jahre unterscheidenden Gruppen repräsentierten eine um jeweils 10 Jahre längere bzw. kürzere Schallbelastung in den Orchestern. Die Gruppen konnten auf diese Weise direkt miteinander verglichen und die Folgen ihrer Berufsausübung auf das Gehör direkt dargestellt werden.

2.2. Audiometrische Untersuchungen

Vor Messbeginn erfolgte bei jedem Musiker eine HNO-ärztliche Untersuchung. Die Messungen wurden nur nach einem symptomfreien HNO-Befund und freiem Mittelohr durchgeführt. Sie fanden stets in sogenannten Lärmpausen in einem schallgedämpften Raum statt. Die Zeitspanne von vorangegangenen Proben zu den Messungen betrug mindestens 24 h. Die Messreihe, bestehend aus Reintonaudiometrie und der Messung der Otoakustischen Emissionen (DPOAE), fand für jede/n Musiker/in unmittelbar nacheinander statt.

2.2.1. Reintonaudiometrie

Die Messung der Hörkurven erfolgte mit einem Hochtonaudiometer der Firma Grahnert Präcitronic MA 22 (Dresden), in 5-dB-Schritten, $f = 0,25 - 16,0$ kHz. Als Kopfhörer wurde der HDA-200 der Firma Sennheiser verwendet.

2.2.2. Otoakustische Emissionen

Die Otoakustischen Emissionen wurden mit den Systemen Capella CE 0301 (Cochlea Emissions Analyzer) der Firma Madsen Electronics, Copenhagen (Dänemark) und Otodynamic ILO 88 und ILO 96 der Firma Hortmann, Germany, gemessen.

Für die Messung der Otoakustischen Emissionen wurden folgende Parameter gewählt :

Frequenzbereich : $f = 0,75 - 8$ kHz

Verhältnis der Stimulusfrequenzen zueinander : $f_1/f_2 = 1,22$

Intensität der Stimulusfrequenzen : $I_1 = I_2 = 70$ dB

Beide Messapparaturen boten die Möglichkeit, jeweils vor Messbeginn den Sondensitz im Gehörgang prüfen zu lassen. Erst nach Rückmeldung über einen korrekten Sitz der Messsonde wurde mit den Messungen begonnen. So konnten bereits im Vorfeld

mögliche Fehler bei der Datenerhebung vermieden und eine höhere Qualität hinsichtlich der späteren Datenauswertung sichergestellt werden.

2.3. Dosimetrie- und Schalldruckpegelmessungen

Parallel fanden separate Dosimetrie- und Schalldruckpegelmessungen in den Proberäumen, dem Orchestergraben und auf der Bühne statt.

Die Dosimetriemessungen erfolgten mit einem Lärmdosimeter der Firma Brüel & Kjaer, Typ 4436, welche instrumentennah platziert wurden. Die Messungen wurden mit dem Frequenzfilter „A“ in der Zeitbewertung „fast“ durchgeführt. Das Gerät ist mit einem internen Mikrofon ausgerüstet und wurde vor der Messung mit einem Referenzpegel von 94 dB bei 1kHz kalibriert. Die Messwerte sind im Minutentakt erfasst worden, indem über diesen Zeitraum ein energieäquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} geräteintern errechnet wurde. In dieser Zeit wurden gleichzeitig der Maximalpegel L_{max} und der Spitzenwert Peak festgestellt. Die Angabe der aufgenommenen Schalldosis im Verhältnis zu dem Grenzwert von 85 dB(A) ermöglichte so eine schnelle Bewertung der Lärmsituation am Musikerplatz. Der zeitliche Pegelverlauf, der ebenfalls im Minutentakt aufgeschrieben wurde, gestattet die Feststellung von Zeitpunkten, zu denen bestimmte Schallereignisse stattfinden. Eine zusätzliche Pegelstatistik gibt Auskunft darüber, wie häufig die gemessenen Schallpegel in der bewerteten Aufführung oder Probe vorkommen. Den Musikern wurde so beispielsweise zu Probenbeginn das Schalldosimeter angelegt. Während der Proben wurde das Messgerät bei allen Tätigkeiten, auch in den Pausen getragen. Nach Probenende wurden die Gerätespeicher ausgelesen. Der Messzeitraum umfasste in der Regel eine Zeit von 2 h.

Für die Schalldruckpegelmessungen wurde ein Gerät von Norsonic, Integrating-averaging Sound Level Meter, type 118, Klasse 1 verwendet, für das zu jeder Messung der aktuelle Eichbericht vorlag. Vor und nach jeder Messserie wurde das Gerät mit einem geeichten Kalibrator bei 1 kHz und einem fest eingestellten Schallpegel von 93,8 dB kalibriert. Die Messgenauigkeit über das gesamte Frequenzband beträgt $\pm 1,5$ dB, im Frequenzgang von 2 Hz bis 20 kHz $\pm 0,2$ dB. Verwendet wurde ein ½“ Freifeld-Kondensator-Mikrofon mit einer Empfindlichkeit von 54,1 mV/Pa. Die Messungen erfolgten an verschiedenen Standorten innerhalb der untersuchten Orchester. Die

Pegelmessungen wurden nach der DIN 45 645 in der Frequenzbewertung „A“ in der Zeitbewertung „fast“ durchgeführt.

2.4. Auswertung

Die Messdaten wurden nach Abschluss jeder Messreihe in das MS Excel Format übertragen.

Die Musiker wurden in 4 Altersgruppen, der 30-39-Jährigen, der 40-49-Jährigen, der 50-59-Jährigen und der 60-69-Jährigen eingeordnet und die einzelnen Gruppen wiederum in 4 Instrumentengruppen, die Bläser, Streicher, Klavier und Pauken unterteilt, die Auswertung trug dieser Klassifizierung Rechnung.

Die Untersuchungen mit Hilfe der Reintonaudiometrie und den Distorsionsprodukten der Otoakustischen Emissionen (DPOAE) erfassten zahlreiche Messwerte über einen großen Frequenzbereich. Es wurde gezielt der Bereich zwischen 2 – 6 kHz untersucht, weil damit im Wesentlichen das Hauptsprachfeld abgedeckt wird. Jeder Mensch empfindet hier einen bestehenden Hörverlust als besonders deutlich. Zusätzlich sei angemerkt, dass die verwendeten Geräte diese Frequenzen mit einer sehr hohen Genauigkeit produzieren, bzw. sogar darauf geeicht sind.

3. Ergebnisse

3.1. Fragebögenauswertung

Der Altersdurchschnitt der Orchester war mit 43,6 Jahren - Staatskapelle Weimar, zu 44,8 Jahren - Semperoper Dresden und 43,2 Jahren – Philharmonie Jena nahezu identisch.

Die Geschlechterverteilung der untersuchten Musiker fiel dagegen recht unterschiedlich aus. Während die Staatskapelle und die Philharmonie einen Frauenanteil von 41 % und 40 % aufwiesen, befanden sich unter den untersuchten Berufsmusikern der Semperoper nur 12,5 % weibliche Probanden.

Aufgrund des recht einheitlichen Berufsalltages eines Berufsmusikers in einem deutschen Orchester konnten keine gravierenden Unterschiede hinsichtlich des Übungspensums festgestellt werden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Altersverteilung und durchschnittliche Übungsstunden der Orchester

	Staatskapelle Weimar	Semperoper Dresden	Philharmonie Jena
Anzahl Musiker	44	40	25
- davon weiblich	18	5	10
- davon männlich	26	35	15
Altersdurchschnitt	43,6 Jahre	44,8 Jahre	43,2 Jahre
Übungsstunden pro Woche - Ø	28,4	29,1	30,2

Bei den Fragen nach evtl. bereits vorhandenen Vorerkrankungen, einer familiär aufgetretenen Schwerhörigkeit oder Taubheit usw. ergaben sich, entsprechend in Tabelle 2 dargestellt, folgende Ergebnisse:

Tabelle 2: Ergebnisse der Fragebögen

Musiker, die den beigefügten Fragebogen ausgefüllt haben.	Staatskapelle - 37 Musiker		Semperoper - 40 Musiker		Philharmonie - 25 Musiker	
	Anzahl der betroffenen Personen	n [%]	Anzahl der betroffenen Personen	n [%]	Anzahl der betroffenen Personen	n [%]
Schwerhörigkeit / Taubheit in der Familie	10	27,0	10	25,0	5	20,0
Schwerwiegende Erkrankungen	3	7,3	7	17,5	-	-
Infektionskrankheiten	28	75,6	2	5,0	-	-
Einnahme (antibiotischer) Medikamente	11	29,7	2	5,0	-	-
Häufige Mittelohrerkrankungen / andere Ohrerkr.	13	35,1	4	10,0	3	12,0
Ohr-OP	0	0	0	0	-	-
Vermehrte Ohrschmalzbildung	7	18,9	9	22,5	-	-
Häufige Kopfschmerzen	4	10,8	-	-	1	4,0
Manchmal Ohrgeräusche	18	48,6	9	22,5	13	52,0
In der Freizeit durch Lärm belastigt	14	37,8	7	17,5	-	-

So wurde beispielsweise die Frage nach bereits in der Familie aufgetretenen Schwerhörigkeit, bzw. Taubheit von 20,0 – 27,0 % der Musiker mit „ja“ beantwortet. Davon ausgehend wurde bei diesen Musikern untersucht, wie hoch in dieser Gruppe der

Anteil Musiker mit einem Hörverlust im Audiogramm von größer oder gleich 15 dB in den Frequenzen 2, 3, 4 oder 6 kHz war. In Abbildung 5 sind die Ergebnisse für die jeweiligen Orchester mit linkem und rechtem Ohr dargestellt.

Es zeigt sich, dass von dieser Gruppe im Mittel 70,0 % einen Hörverlust von 15 dB oder größer in den angegebenen Frequenzen im Audiogramm aufwiesen.

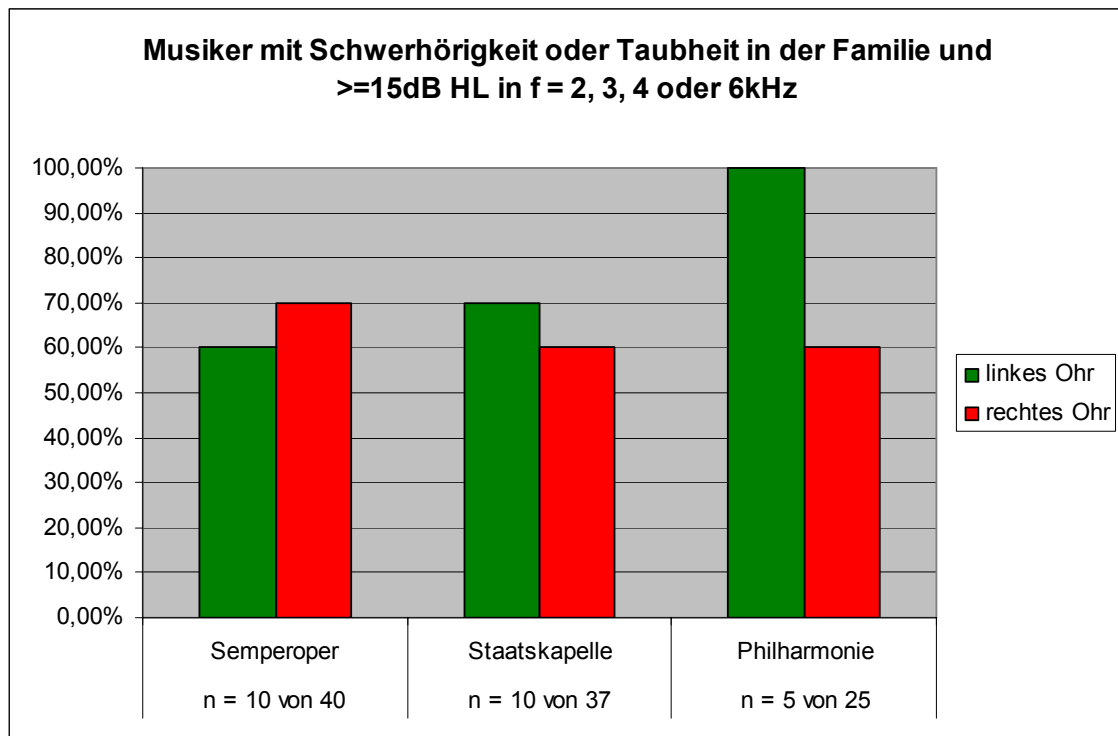


Abbildung 5: Anteil Musiker mit einem Hörverlust von 15 dB oder größer in den Frequenzen 2, 3, 4 oder 6 kHz in der Gruppe der Musiker mit Schwerhörigkeit oder Taubheit in der Familie

Bei der Frage nach häufigen Mittelohrerkrankungen oder anderen Ohrerkrankungen divergierten die Angaben der entsprechenden Orchestermusiker deutlich. So antworteten beispielsweise 35,1 % der Musiker der Staatskapelle mit „ja“. Dem gegenüber gaben dies bei den Musikern der Semperoper und Philharmonie lediglich 10,0 bzw. 12,0 % an.

In Abbildung 6 ist der prozentuale Anteil von Musikern mit einem Hörverlust von 15 dB oder größer in den Frequenzen 2, 3, 4 oder 6 kHz in der Gruppe der Musiker mit häufig auftretenden Mittelohrerkrankungen dargestellt. Es zeigt sich, dass im Mittel 53,3 % dieser Gruppe einen Hörverlust von 15 dB oder größer in den angegebenen Frequenzen im Audiogramm aufweisen.

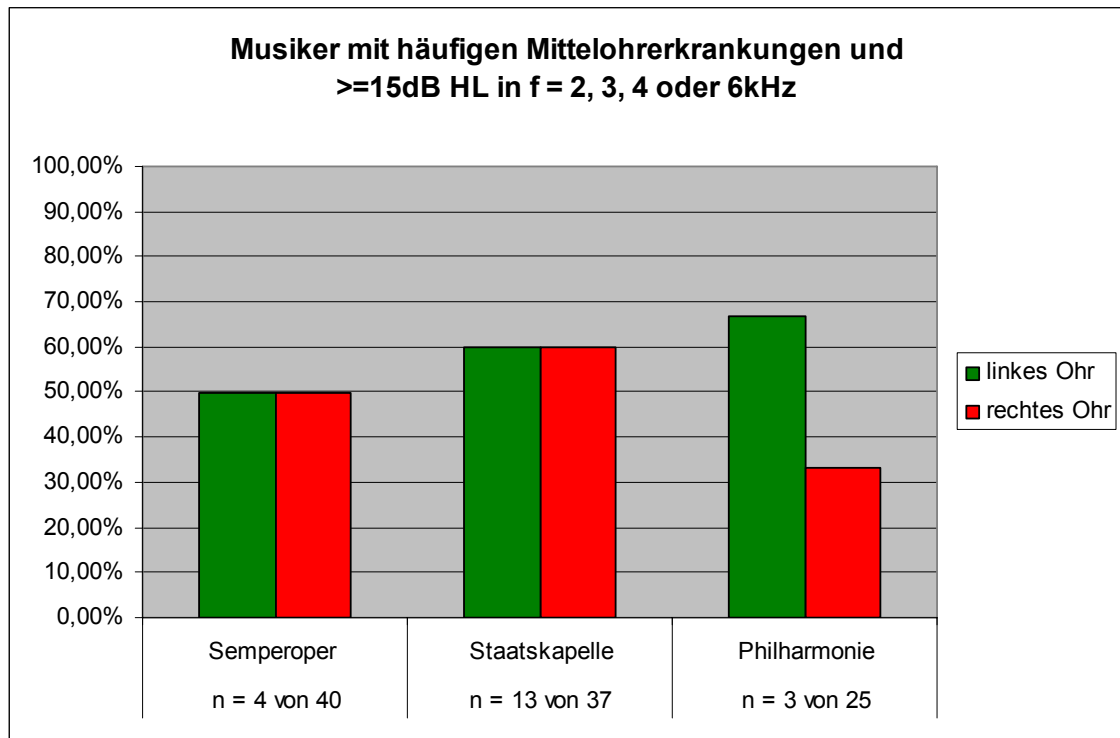


Abbildung 6: Anteil Musiker mit einem Hörverlust von 15 dB oder größer in den Frequenzen 2, 3, 4 oder 6 kHz in der Gruppe der Musiker mit häufigen Mittelohrerkrankungen oder anderen Ohrerkrankungen

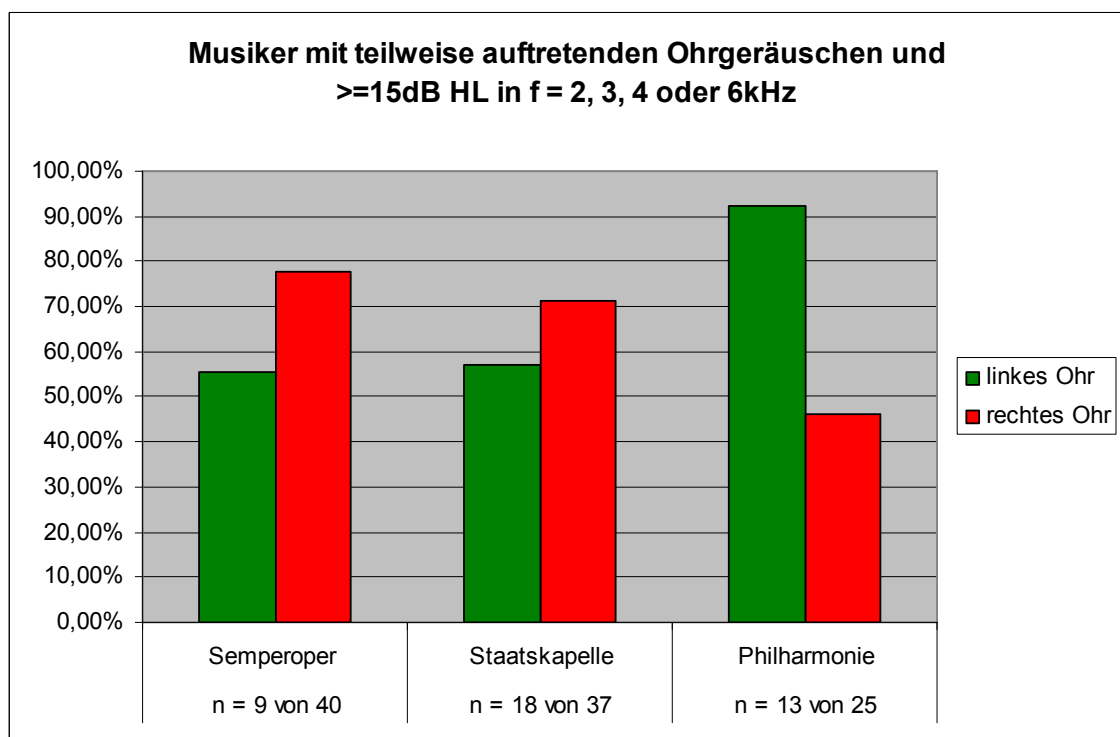


Abbildung 7: Anteil Musiker mit einem Hörverlust von 15 dB oder größer in den Frequenzen 2, 3, 4 oder 6 kHz in der Gruppe der Musiker mit Ohrgeräuschen

Wie in Abbildung 7 zu sehen, weist auch die Gruppe der Musiker mit teilweise auftretenden Ohrgeräuschen im Mittel bei 66,7 % einen Hörverlust von 15 dB oder größer in den angegebenen Frequenzen im Audiogramm auf.

Im Vergleich zwischen den Orchestern ließ sich eine Divergenz hinsichtlich der Seitendifferenzen zwischen linkem und rechtem Ohr feststellen, die später noch diskutiert wird.

Gegenüber diesen hohen Anteilen von Musikern mit einem Hörverlust von 15 dB oder größer in den angegebenen Frequenzen fällt der Anteil derer bei den Musikern mit vermehrter Ohrschmalzbildung niedriger aus (Abbildung 8).

Insgesamt gaben bei der Staatskapelle 18,9 und bei der Semperoper 22,5 % der Musiker an, unter vermehrter Ohrschmalzbildung zu leiden. Unter diesen Musikern wiesen im Mittel 47,2 % einen Hörverlust von größer oder gleich 15 dB in den Frequenzen 2, 3, 4 oder 6 kHz auf.

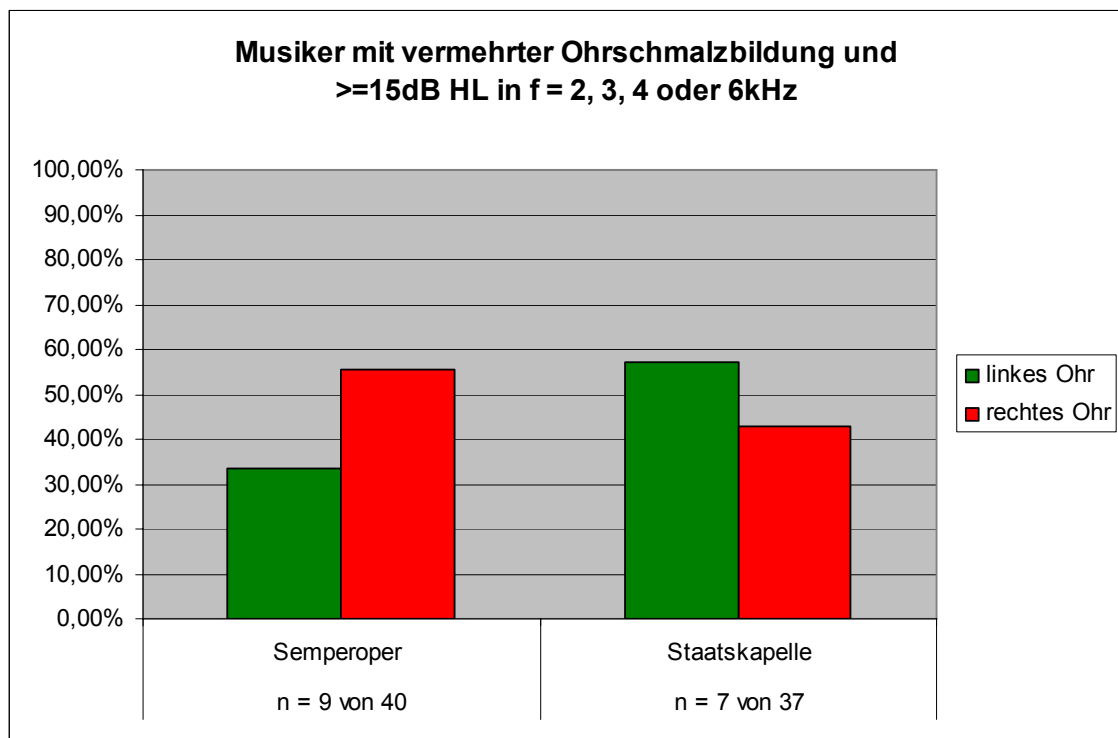


Abbildung 8: Anteil Musiker mit einem Hörverlust von 15 dB oder größer in den Frequenzen 2, 3, 4 oder 6 kHz in der Gruppe der Musiker mit vermehrter Ohrschmalzbildung

Es konnten auf Grund der Anamnese durch die Fragebögen und den entsprechend zugeordneten Ergebnissen bei den Orchestern der Semperoper Dresden und der

Staatskapelle Weimar keine Unterschiede zwischen linken und rechten Ohren festgestellt werden (siehe auch Abbildung 5 – 8).

Bei der Philharmonie Jena zeigte sich ein Unterschied zwischen linkem und rechtem Ohr. Bei Musikern dieses Orchesters, die eine Schwerhörigkeit oder Taubheit in der Familie, häufige Mittelohrerkrankungen oder teilweise auftretende Ohrgeräusche angaben, war das linke Ohr, hinsichtlich eines Hörverlustes von größer oder gleich 15 dB in den Frequenzen 2, 3, 4 oder 6 kHz, gegenüber dem rechten Ohr, im Mittel um den Faktor 1,89 häufiger, betroffen. Dies ist wahrscheinlich auch auf den hohen Anteil Streicher (64% der untersuchten Musiker der Philharmonie Jena) in Verbindung mit der Instrumentenhaltung zurückzuführen. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird hierauf nochmals gezielt eingegangen.

3.2. Altersverteilung der untersuchten Orchester

Nach der Einteilung der Musiker in die entsprechenden Altersgruppen zeigte sich eine prozentual gleichmäßige Verteilung in den untersuchten Orchestern. So war beispielsweise die Gruppe der 30-39jährigen mit einem Anteil zwischen 30,8 % (Semperoper Dresden) und 41,0 % (Staatskapelle Weimar), bezogen auf die untersuchte Gesamtgruppe, vertreten. Die Gruppe der 40-49jährigen wies Anteile zwischen 33,3 % (Semperoper Dresden) und 40,0 % (Philharmonie Jena) auf (siehe Abbildung 9).

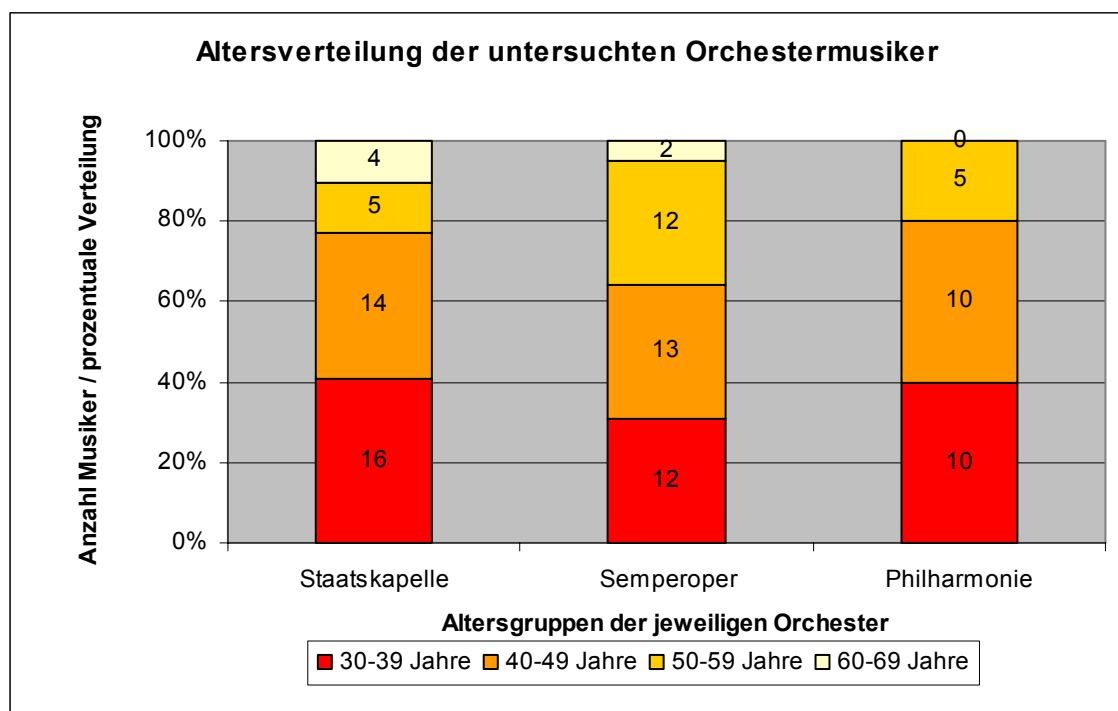


Abbildung 9: Altersverteilung der untersuchten Orchestermusiker

Wie in Abbildung 10 ersichtlich, ergab sich bei der Gruppe der Streicher zwischen den verschiedenen Altersgruppen eine homogene Verteilung.

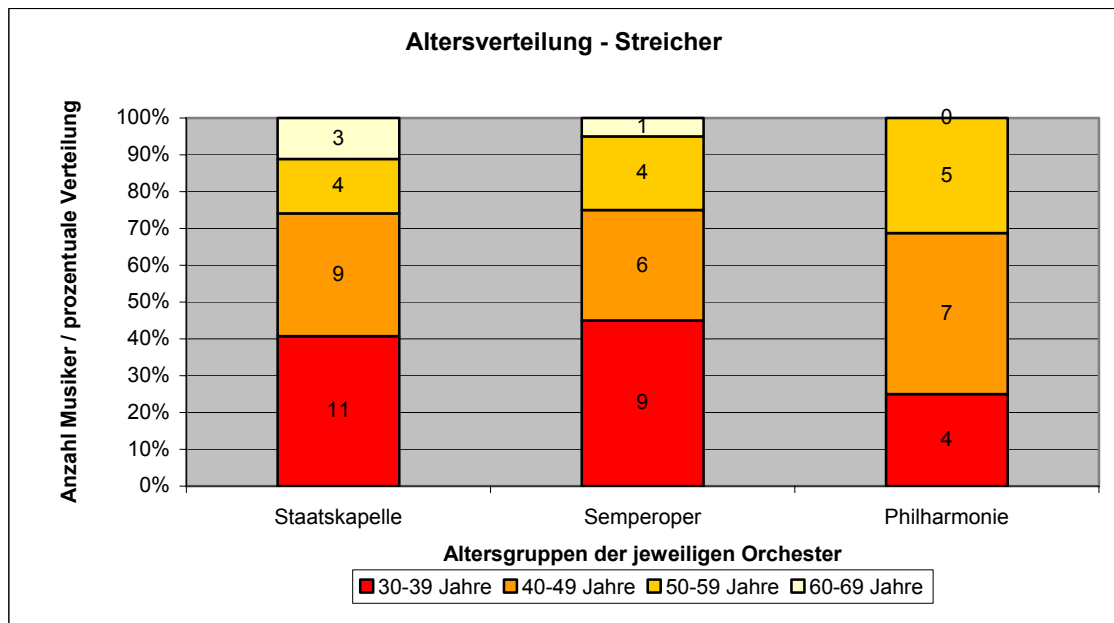


Abbildung 10: Altersverteilung der Streicher in den untersuchten Orchestern

In der Gruppe der Bläser stellte sich hingegen eine sehr unterschiedliche Verteilung ein. Wie in Abbildung 11 zu sehen, standen bei der Staatskapelle Weimar und der Philharmonie Jena lediglich Bläser zwischen 30 und 49 Jahren für die Untersuchung zur Verfügung.

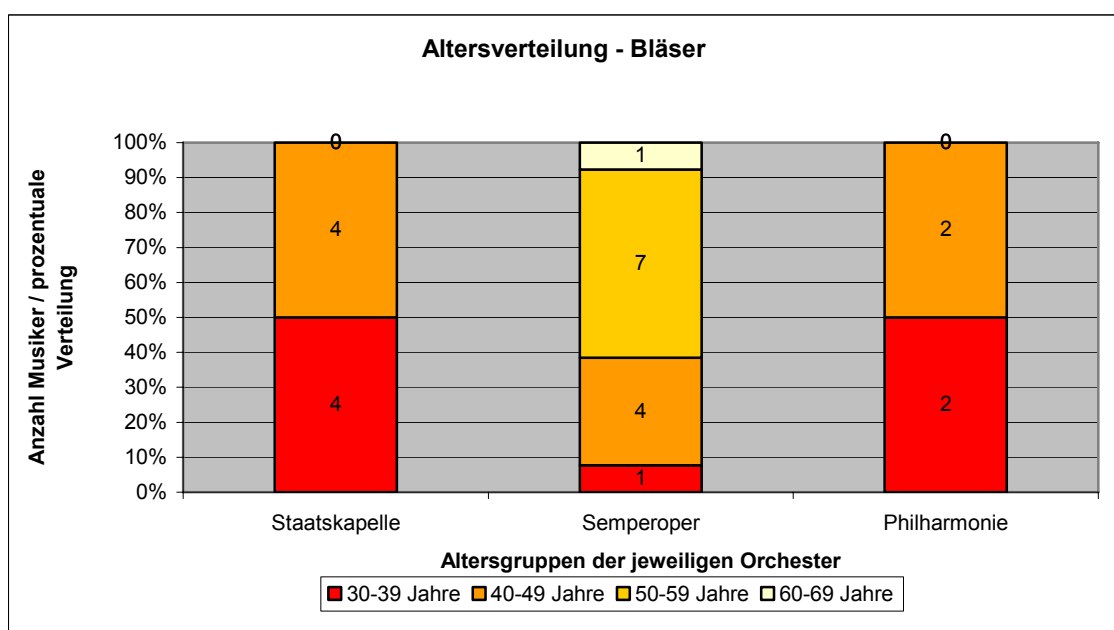


Abbildung 11: Altersverteilung der Bläser in den untersuchten Orchestern

3.3. Dosimetrie und Schalldruckpegelmessungen

3.3.1. Probenräume – Dosimetrie

Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse der Dosimetriemessungen im Probenraum der Staatskapelle Weimar.

Die entsprechenden Messpunkte sind mit den gemessenen Werten in Tabelle 3 dargestellt. Es zeigte sich, dass bei einem über 2h gemitteltem Pegel Schallintensitäten von 90 dB und mehr auftraten.

Auf Grund der Funktionsweise des Dosimeters bei der Datenerhebung (siehe Kapitel Methodik) können mit großer Wahrscheinlichkeit auch nochmals deutlich lautere Schallereignisse vermutet werden.

Bei einem Vergleich zwischen den Instrumenten ergaben sich weitere Unterschiede.

Während im Bereich der Hörner und Flöten Schallintensitäten von 89,3 und 87,3 dB gemessen wurden, ergab die Dosimeterauswertung bei den Posaunen und Trompeten Werte von 95,8 und 97,4 dB. Letzterer Pegel stellt gleichsam den Höchstpegel dieser Messreihe dar.

Tabelle 3: Ergebnisse der Dosimetrie bei der Probe des Stückes „Mein Vaterland“ von Bedrich Smetana im Probenraum der Staatskapelle Weimar (siehe Abbildung 12)

Mess-Nr	Leq [dB]		Abkürzung	Instrument
1	97,2		Ho	Horn
2	92,2		KL	Klarinette
3	95,8		Fa	Fagott
4	89,3		Po	Posaune
5	87,3		Tu	Tuba
6	97,4		PF	Piccoloflöte
7	92,5		QF	Querflöte
8	96,5		Ob	Oboe
9	90,7		T	Trompete
10	91,7			
11	90,5			
12	83,6			

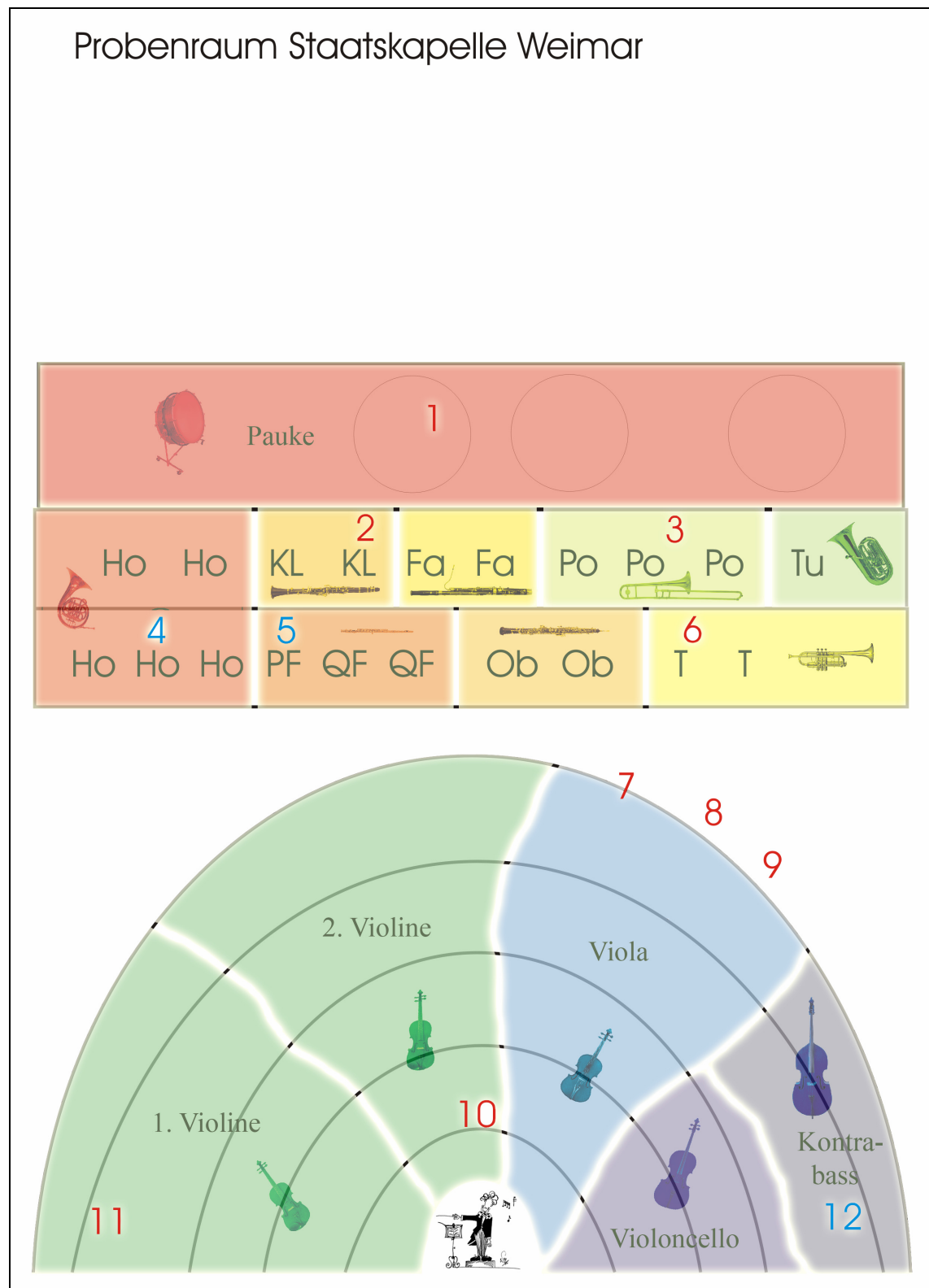


Abbildung 12: Skizze des Probenraumes der Staatskapelle Weimar mit Dosimetrie-messpunkten (die Zahlen markieren die einzelnen Messorte / Musiker) bei der Probe des Stückes „Mein Vaterland“ von Bedrich Smetana. Die Dosimeter wurden jeweils instrumentennah platziert. Die Instrumentenabkürzungen sind als Legende in Tabelle 3 erklärt.

3.3.2. Probenräume - Schalldruckpegelmessungen

Abbildung 13 zeigt die Messpunkte der Schalldruckpegelmessungen im Probenraum der Staatskapelle Weimar. Die Abbildungen 14 und 15 zeigen die Ergebnisse der Messungen bei zwei ausgewählten Instrumentengruppen aus dieser Messreihe. Das Mikrofon wurde bei Abbildung 14 vor den Kontrabassisten und bei Abbildung 15 zwischen den Violinen platziert. Beide Spektren zeigen den äquivalenten Dauerschallpegel und die Spitzenpegelwerte für den Frequenzbereich von 6,3 bis 20.000,0 Hz.

Im Vergleich der beiden Instrumentengruppen ergeben sich deutliche Unterschiede: Der gemittelte Dauerschallpegel erreicht bei den Kontrabassisten Werte von teilweise über 90 dB, die Messung zwischen den Violinen ergibt hier Werte von 80 dB. Auch zeigen sich im Höchsttonbereich bei den Violinen eine Schallbelastungsdifferenz von ca. 10 dB gegenüber den Kontrabassisten.

Beide Instrumente erreichen im tiefen und mittleren Frequenzbereich zwischen 63 und 2000 Hz Spitzenpegelwerte von teilweise über 100dB, jedoch gibt es im Frequenzbereich um 4 kHz einen Unterschied: Während bei den Violinen der Spitzenpegel hier unter 90 dB liegt, wird er bei den Kontrabassisten überschritten.

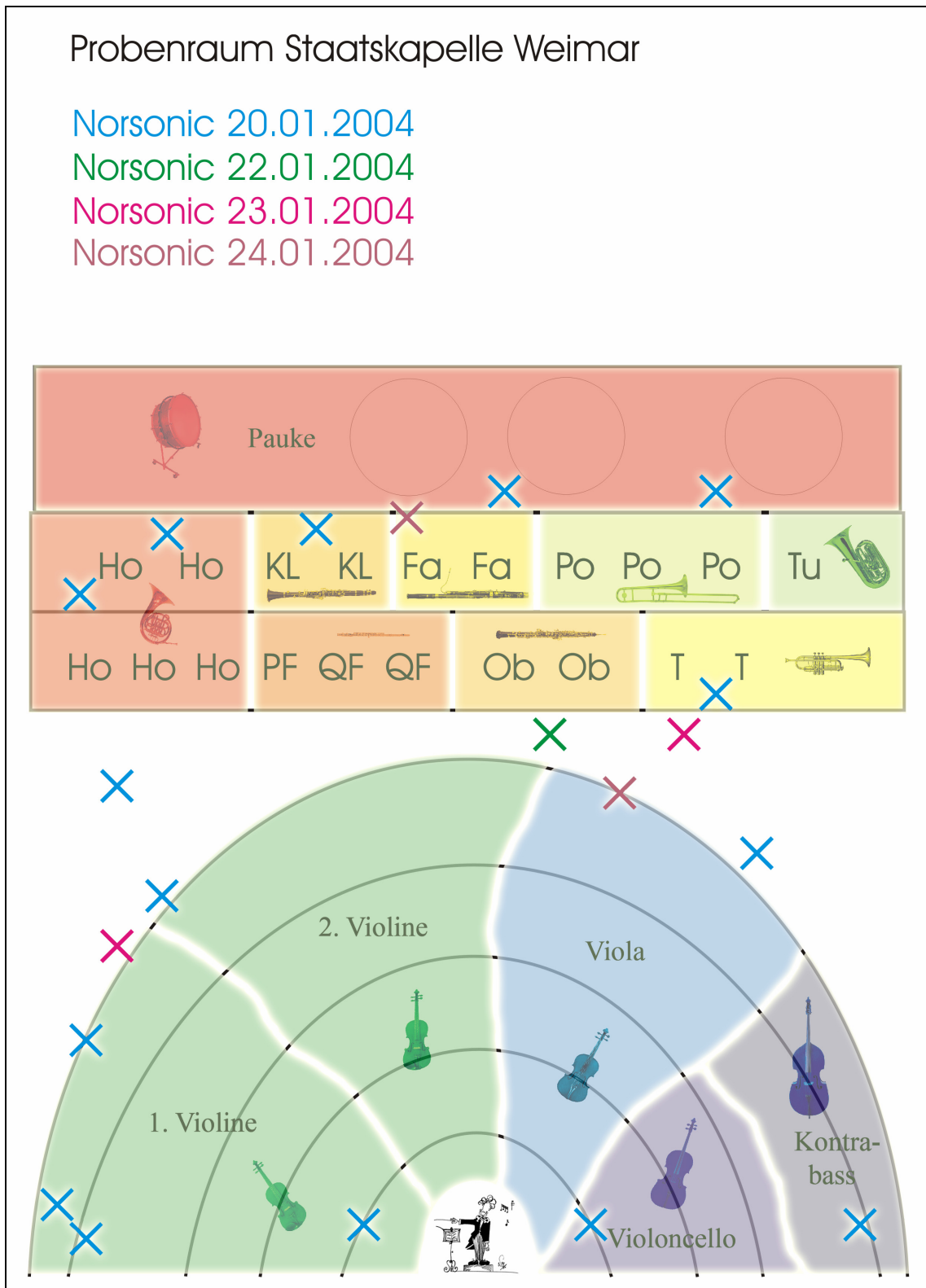


Abbildung 13: Skizze des Probenraumes der Staatskapelle Weimar mit Schalldruckpegelmesspunkten (die Kreuze markieren die Messpunkte entsprechend der obigen Legende) bei der Probe des Stückes „Mein Vaterland“ von Bedrich Smetana. Die Instrumentenabkürzungen sind analog zu Abbildung 12 und als Legende in Tabelle 3 erklärt.

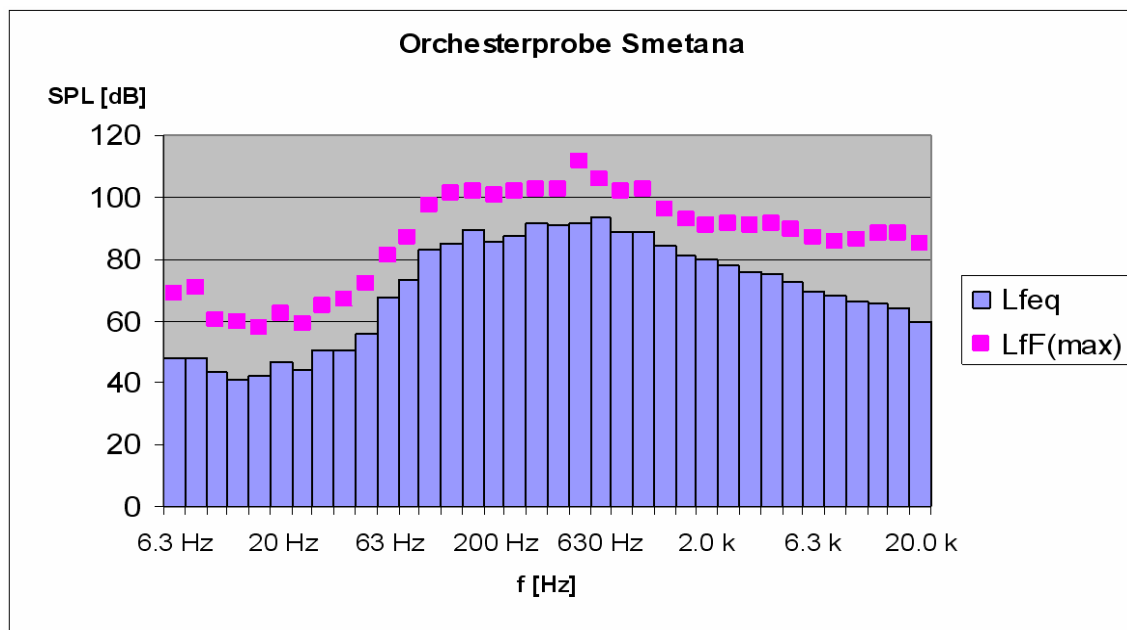


Abbildung 14: Frequenzspektrum einer Orchesterprobe des Stückes „Mein Vaterland“ von Bedrich Smetana, das Mikrofon wurde vor den Kontrabassisten platziert

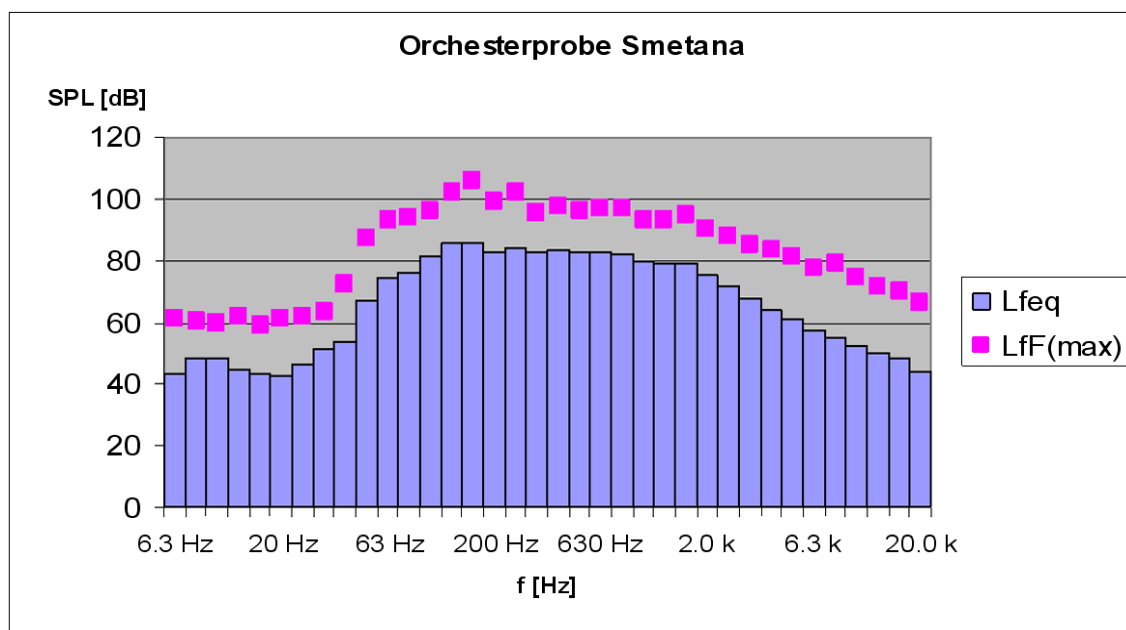


Abbildung 15: Frequenzspektrum einer Orchesterprobe des Stückes „Mein Vaterland“ von Bedrich Smetana, das Mikrofon wurde vor den Violinen platziert

3.3.3. Orchestergraben - Dosimetrie

Der Orchestergraben wies eine Fläche von 84m² auf und bot Platz für ca. 80 Musiker (Angaben www.nationaltheater-weimar.de).

Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse der Dosimetriemessungen während einer Aufführung der Oper „Die unendliche Geschichte“ von Michael Ende, vertont von Siegfried Matthus.

Tabelle 4: Dosimetrie während einer Aufführung der Oper „Die unendliche Geschichte“ von Michael Ende (vertont von Siegfried Matthus) im Orchestergraben der Staatskapelle Weimar

Instrument	Leq [dB]	Dose [%]	Sound Exp [Pa ² m]
Kontrabass	81,8	19	0,2
Violine	86,2	49	0,5
Posaune	90,0	117	1,2
Horn	90,7	120	1,2
Fagott	91,0	121,5	1,23
Klarinette	90,6	121	1,2

Es zeigte sich, dass vor allem die Bläser Dosen von deutlich über 90 dB(A) ausgesetzt waren. So erzeugten beispielsweise Horn und Fagott Pegel von 90,7 und 91,0 dB(A). Die Schalldruckpegelmessungen für die Piccoloflöte und die Vibra sind in Abbildung 16 und 17 dargestellt.

Im Vergleich beider Spektren zeigten sich für den Frequenzbereich um 4 kHz deutliche Unterschiede hinsichtlich der Spitzenpegelwerte. Die Vibra erreichte hier einen Pegel von 92,9 dB, bei der Piccoloflöte konnten 109,0 dB gemessen werden.

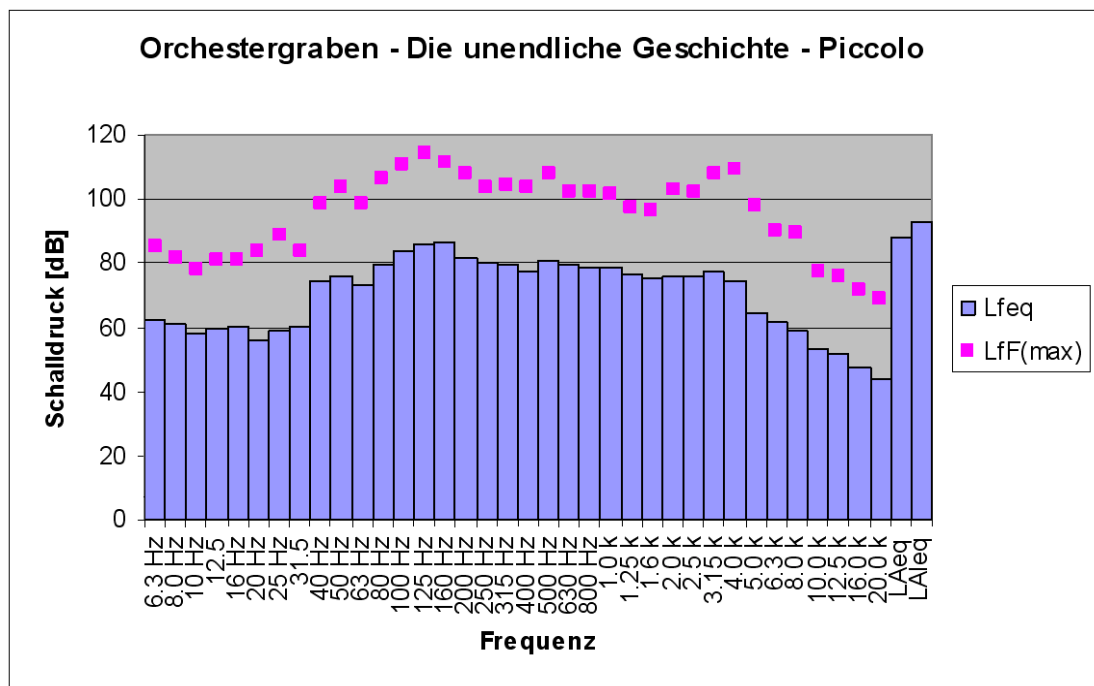


Abbildung 16: Frequenzspektrum im Orchestergraben während der Aufführung der Oper „Die unendliche Geschichte“ von Michael Ende, vertont von Siegfried Matthus. Das Mikrofon wurde vor der Piccoloflöte platziert.

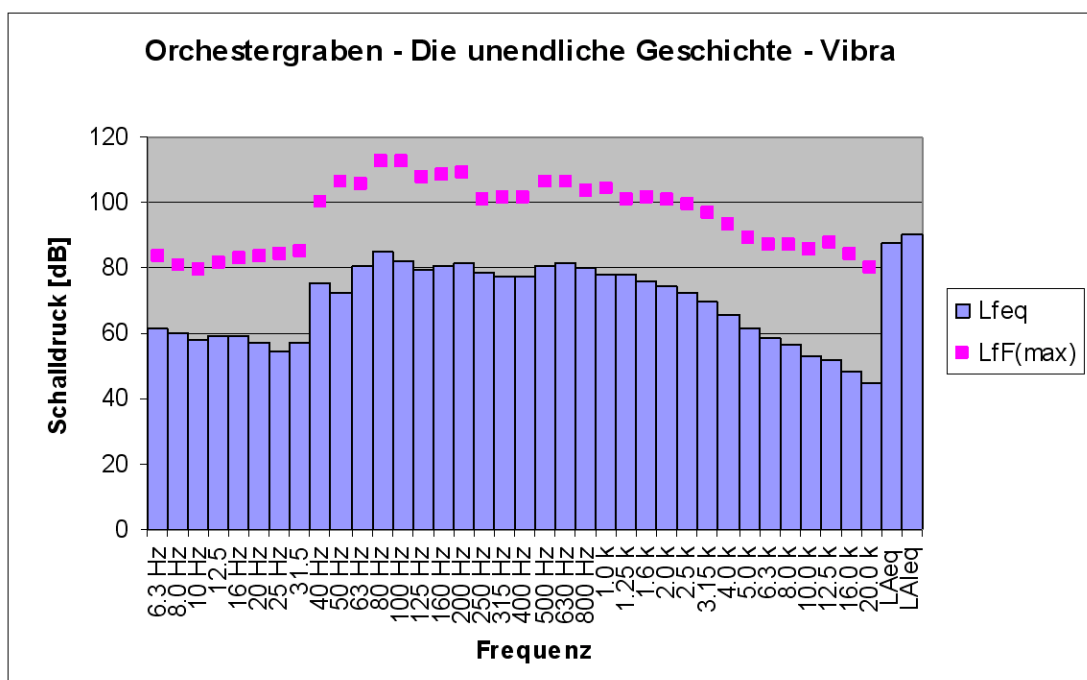


Abbildung 17: Frequenzspektrum im Orchestergraben während der Aufführung der Oper „Die unendliche Geschichte“ von Michael Ende, vertont von Siegfried Matthus. Das Mikrofon wurde vor der Vibra platziert.

3.4. Audiometrie und Otoakustische Emissionen

3.4.1. Reintonaudiometrie

Die folgenden 4 Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Reintonaudiometrie. Die verschiedenen Altersgruppen sind entsprechend der jeweiligen Legende farblich markiert, der Hörverlust ist in dB auf der y-Achse dargestellt.

In der Abbildung 18 sind die Audiometriedaten von den Streichern der Staatskapelle Weimar, hier für das linke Ohr, dargestellt. Es zeigte sich, dass vor allem in der Gruppe der 60-69jährigen in Frequenzen ab 3 kHz ein vergrößerter Hörverlust gegenüber den anderen Gruppen besteht. Zusätzlich ist für diese Gruppe als gestrichelte Linie das rechte Ohr dargestellt. Im direkten Ohrvergleich dieser Gruppe lässt sich eine Hörminderung des linken gegenüber dem rechten Ohr feststellen.

Auf möglicherweise bestehende Seitendifferenzen bei den Streichern wird im weiteren Verlauf der Arbeit noch einmal eingegangen.

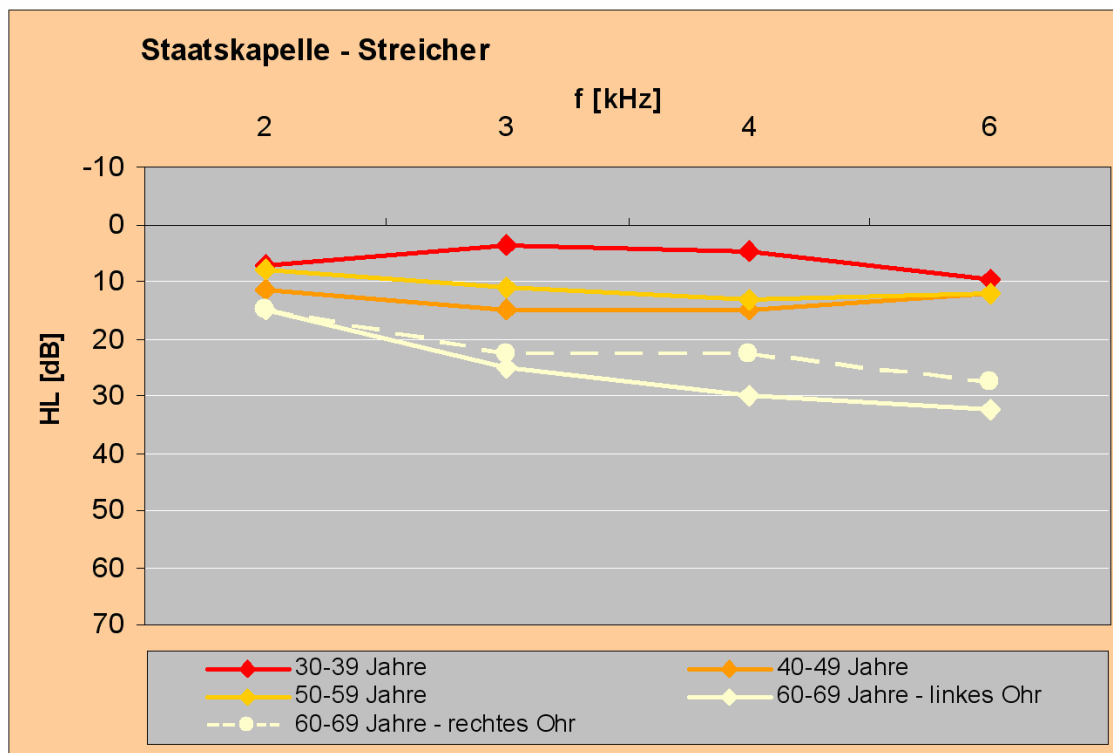


Abbildung 18: Audiogramm der Streicher (männlich u. weiblich) der Staatskapelle Weimar – linkes Ohr, für die Gruppe der 60-69-Jährigen ist das rechte Ohr gestrichelt dargestellt

Analog zu Abbildung 18 sind in Abbildung 19 die Daten für selbige Musikergruppe der Semperoper Dresden zu sehen. Auch hier zeigten sich ab einer Frequenz von 3 kHz deutliche Hörminderungen der älteren Musikergruppen gegenüber den jüngeren Vergleichsgruppen. So konnte beispielsweise bereits in Bezug zur Gruppe der 30-39-jährigen Streicher bei den 40-49-Jährigen bei 4 kHz eine um 6,5 Δ dB vergrößerte Hörminderung ermittelt werden. Für die Gruppe der 50-59-Jährigen betrug der Wert 17,5 Δ dB und für die 60-69-Jährigen 22,5 Δ dB. Betrachtet man nun den Hörverlust bei 6 kHz, erhöhen sich diese Werte noch einmal erheblich.

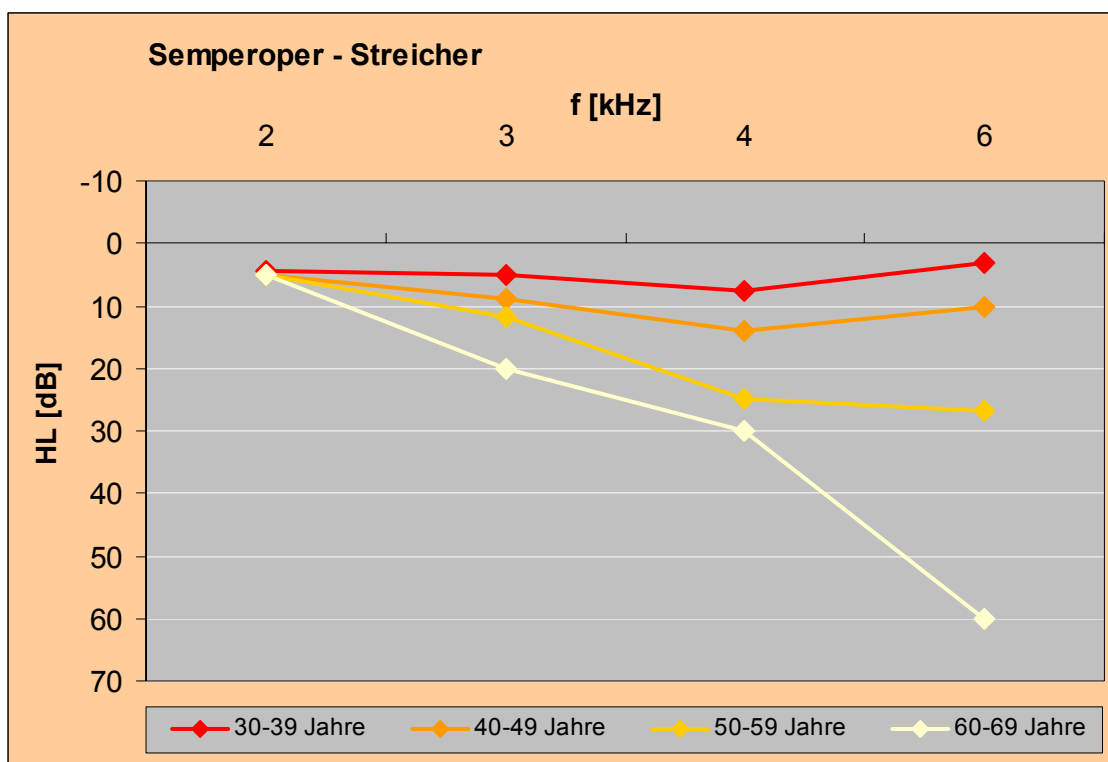


Abbildung 19: Audiogramm der Streicher der Semperoper Dresden - linkes Ohr

Im Vergleich zu den Hörkurven der Streicher stellte sich bei den Bläsern ein anderes Bild dar. Die folgenden Abbildungen 20 und 21 zeigen die Audiogramme der Bläser dieser Orchester, es sind jeweils die rechten Ohren dargestellt.

Bereits bei den Bläsern der Staatskapelle Weimar (Abbildung 21) ergaben sich folgende Unterschiede: Die 40-49-Jährigen Musiker hörten bei 2 kHz um 5,0 ΔdB, bei 6 kHz sogar um 8,3 ΔdB schlechter als ihre 30-39-Jährigen Kollegen. Bei 3 und 4 kHz unterschieden sich die Hörverluste dagegen nicht.

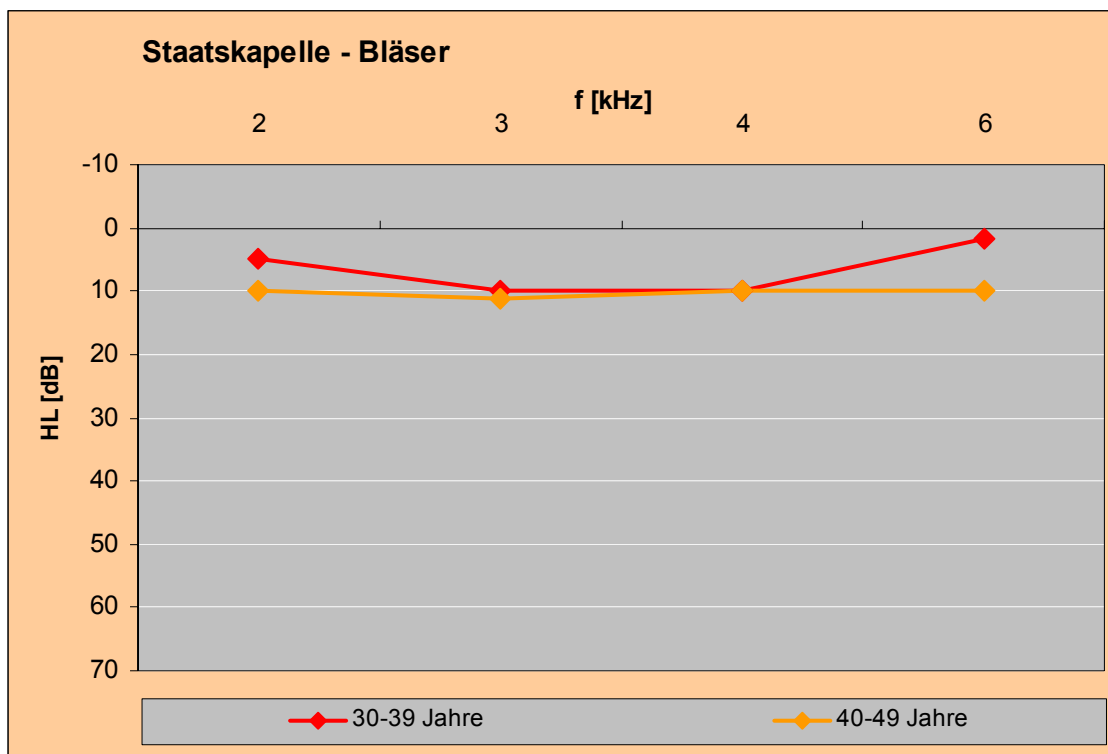


Abbildung 20: Audiogramm der Bläser der Staatskapelle Weimar - rechtes Ohr

Analog zu diesen Ergebnissen zeigte sich bei den Bläsern der Semperoper Dresden (Abbildung 21) für die Gruppen der 30-39 und 40-49-Jährigen ein ähnliches Bild. Bei Betrachtung der 60-69-Jährigen zeigte sich eine kontinuierliche Schwellenwertabsenkung über alle Frequenzen, die besonders bei 4 kHz als deutliche Senke im Audiogramm zu erkennen ist. In Bezug zur Gruppe der 30-39-Jährigen Bläser konnte bei den 40-49-Jährigen bei 4 kHz eine um 1,3 Δ B vergrößerte Hörminderung ermittelt werden. Für die Gruppe der 50-59jährigen betrug der Wert 17,0 Δ dB und für die 60-69-Jährigen 40,0 Δ dB.

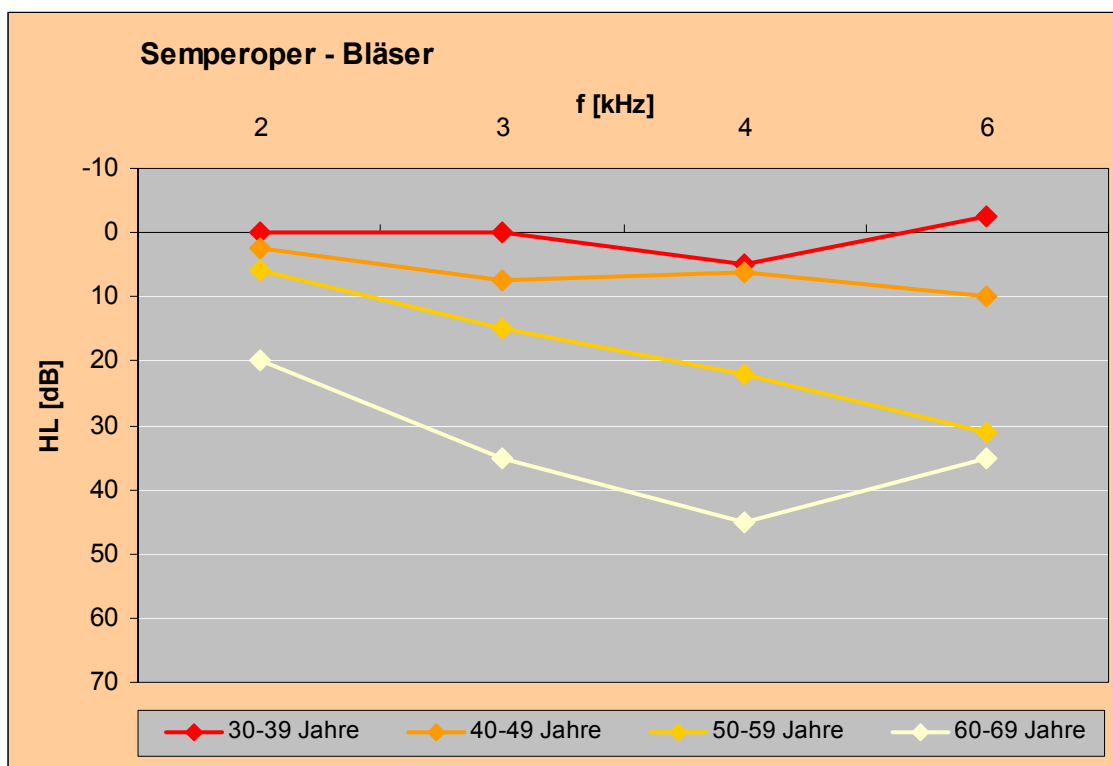


Abbildung 21: Audiogramm der Bläser der Semperoper Dresden - rechtes Ohr

3.4.2. Otoakustische Emissionen

Die folgenden 7 Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Distorsionsprodukte Otoakustischer Emissionen ausgewählter Musikergruppen und Testfrequenzen. Die verschiedenen Altersgruppen sind in jedem Diagramm einzeln dargestellt und die Frequenzen von 2, 3,2, 4 und 6 kHz für jede Altersgruppe, entsprechend der im Diagramm befindlichen Legende, aufgetragen.

Die DPOAE-Amplituden sind als dB SPL auf der y-Achse aufgetragen und geben den SNR (signal-noise-ratio – Signal-Rausch-Abstand) der Messungen wieder.

Abbildung 22 zeigt Ergebnisse der DPOAE-Messungen an Streichern der Staatskapelle Weimar. Im Vergleich zur Gruppe der 30-39jährigen zeigte sich für die Gruppen der 40-49 und 50-59-Jährigen in allen Frequenzen, vor allem bei 3,2 und 6 kHz, eine deutliche Amplitudenverminderung. Für die Frequenz von 3,2 kHz verkleinerte sich die Amplitude bei den 40-49-Jährigen um 4,25 Δ dB SPL und bei den 50-59-Jährigen um 7,12 Δ dB SPL.

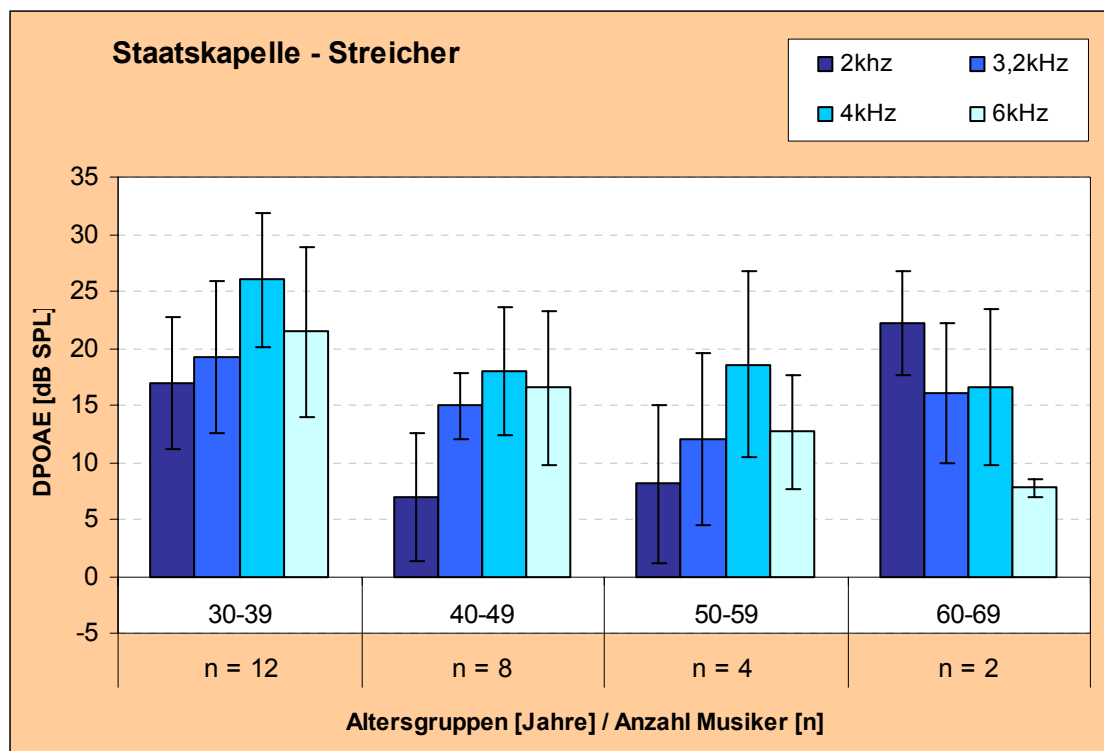


Abbildung 22: DPOAE der Streicher der Staatskapelle Weimar - linkes Ohr

In den folgenden Abbildungen 23 und 24 sind die Ergebnisse der DPOAE der Streicher der Semperoper Dresden für das linke und rechte Ohr dargestellt.

Am linken Ohr zeigte sich bei den Gruppen der 40-49 und 50-59-Jährigen Streicher im Vergleich zur Gruppe der 30-39-Jährigen eine ab 3,2 kHz deutliche Amplitudenverkleinerung, die in den Frequenzen von 4 und 6 kHz sehr deutlich ausgeprägt war (Abbildung 23). Bei der Frequenz von 6 kHz verringerte sich die Amplitude gegenüber den 30-39-Jährigen bei den 40-49-Jährigen um 8,02 Δ dB SPL und bei den 50-59-Jährigen um 13,73 Δ dB SPL.

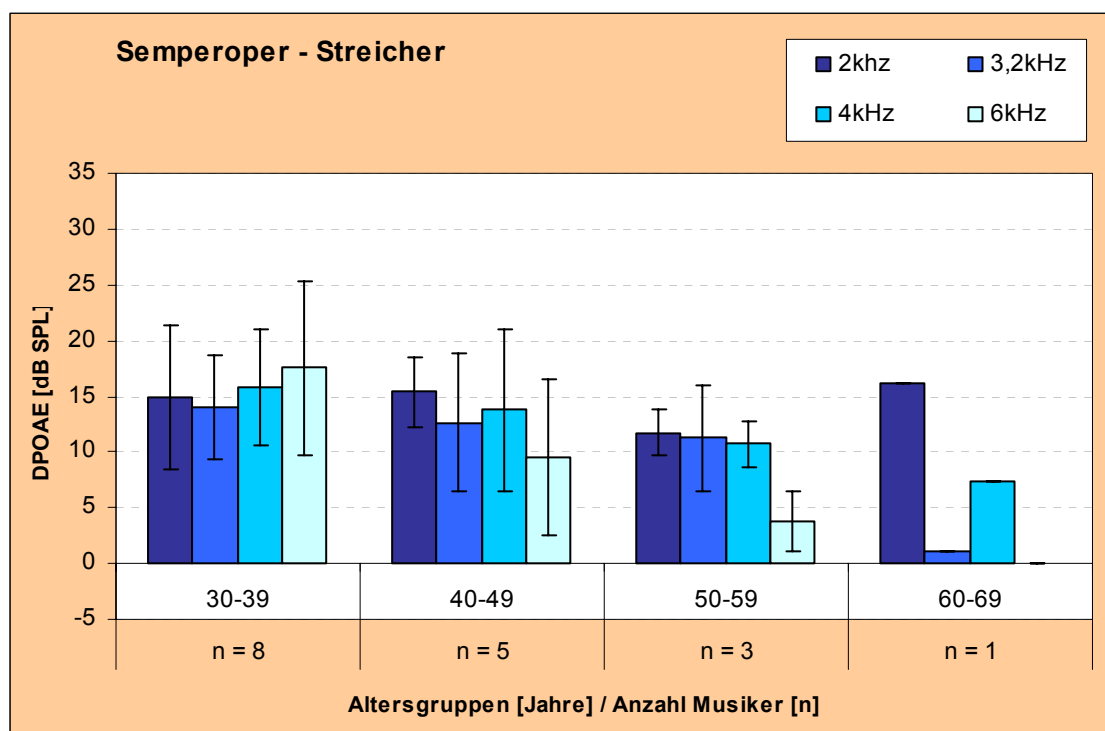


Abbildung 23: DPOAE der Streicher der Semperoper Dresden - linkes Ohr

Die Untersuchung der rechten Ohren (Abbildung 24) ergab folgende Ergebnisse:

Im Vergleich zu den 30-39-Jährigen gab es bei den 40-49 und 50-59-Jährigen Gruppen nur bei 6 kHz eine Amplitudenreduktion. Während die Amplituden bei den 40-49-Jährigen in den Frequenzen von 3,2 und 4 kHz gegenüber den 30-39-Jährigen um 4,48 und 1,88 Δ dB SPL abfielen, vergrößerten sie sich in der Gruppe der 50-59-Jährigen um 1,25 und 0,68 Δ dB SPL. Bei 6 kHz kommt es im Vergleich zu den 30-39-Jährigen zu einer Amplitudenverringerng von 2,31 Δ dB SPL bei den 40-49-Jährigen und 5,27 Δ dB SPL bei den 50-59-Jährigen.

Zusätzlich ließen sich bereits bei den 30-39-Jährigen Streichern der Semperoper Dresden Amplitudenunterschiede zwischen linkem und rechtem Ohr feststellen (Abbildungen 24 und 25). Das linke Ohr wies für die Frequenzen von 2, 3,2, 4 und 6 kHz, im Mittel OAE-Amplituden von 15,59 dB SPL, das rechte Ohr für selbige Frequenzen im Mittel OAE-Amplituden von 13,68 dB SPL auf. Es ergab sich hier eine Differenz von im Mittel 1,92 Δ dB SPL.

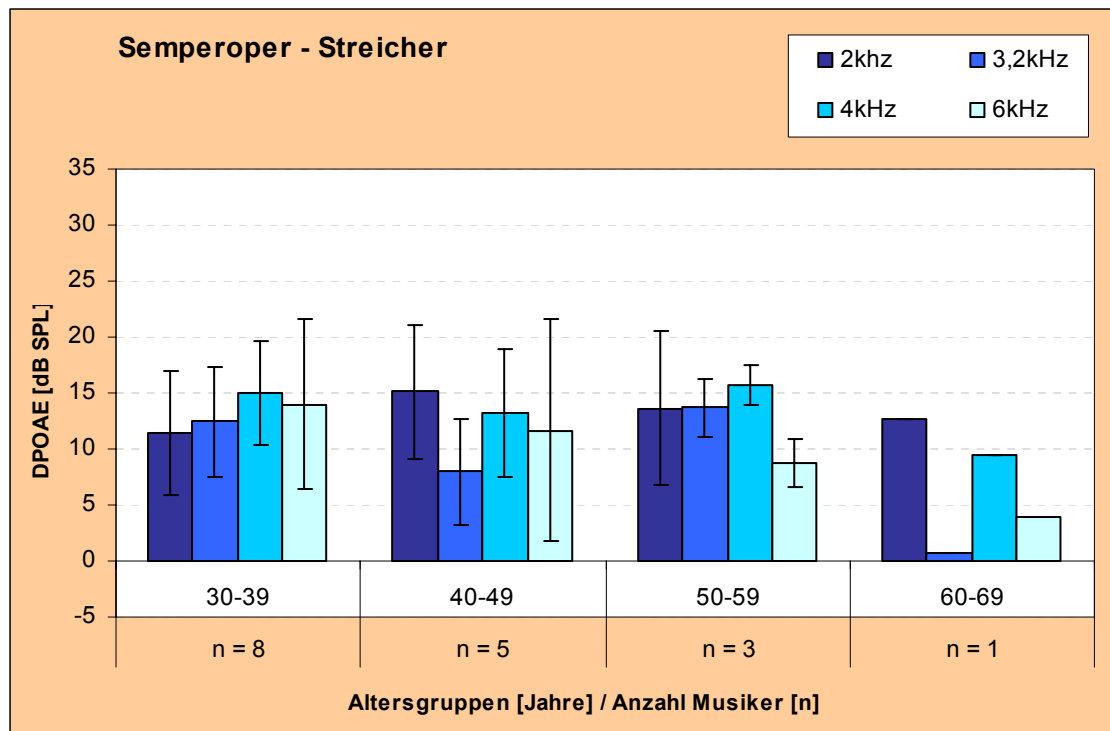


Abbildung 24: DPOAE der Streicher der Semperoper Dresden - rechtes Ohr

Abbildung 25 zeigt die Ergebnisse der Bläser der Semperoper Dresden. Gegenüber der Gruppe der 30-39-Jährigen Bläser zeigten die untersuchten Frequenzen von 2 bis 6 kHz in der Gruppe der 40-49-Jährigen eine deutliche Amplitudenverminderung. Bei 4 und 6 kHz fiel die Amplitude um jeweils 4,79 und 10,14 Δ dB SPL ab. In der Gruppe der 50-59-Jährigen verringerte sich die Amplitude im Vergleich zu den 40-49-Jährigen für die Frequenzen 4 und 6 kHz um 3,61 und 4,37 Δ dB SPL.

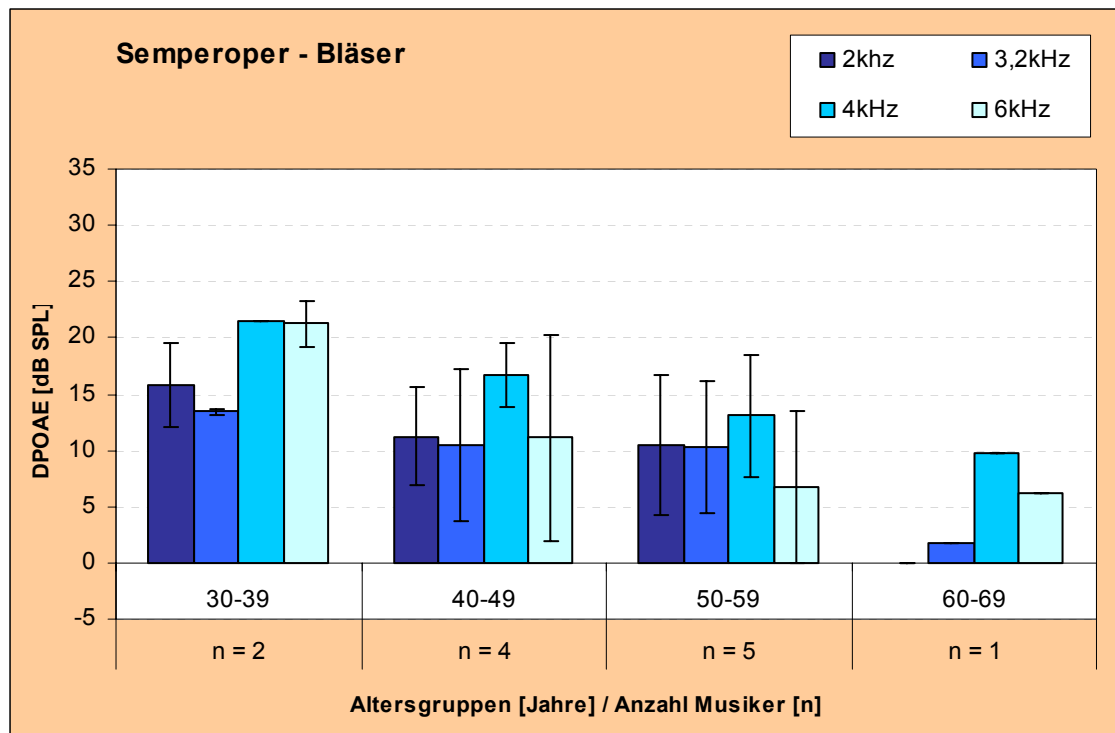


Abbildung 25: DPOAE der Bläser der Semperoper Dresden - rechtes Ohr

Bei Betrachtung der Bläser von Staatskapelle Weimar und Semperoper Dresden zusammen ergab sich ein nahezu kongruentes Bild (Abbildung 26). Auch hier fielen die Amplituden bei den 40-49 und 50-59-Jährigen gegenüber den 30-39-Jährigen über alle dargestellten Frequenzen von 2, 3,2, 4 und 6 kHz deutlich ab. So verringerte sich die OAE-Amplitude bei 4 kHz von 19,32 dB SPL (30-39-Jährige), auf 14,94 dB SPL (40-49-Jährige) und 11,37 dB SPL (50-59-Jährige). Die Amplitude fiel hier um 4,38 und 7,95 Δ dB SPL bei den 40-49 und 50-59-Jährigen gegenüber den 30-39-Jährigen ab. Bei 6 kHz vergrößerten sich diese Differenzen zwischen den Altersgruppen nochmals, es konnte ein Amplitudenabfall von 5,58 und 9,30 Δ dB SPL bei den 40-49 und 50-59-Jährigen im Vergleich zu den 30-39-Jährigen festgestellt werden.

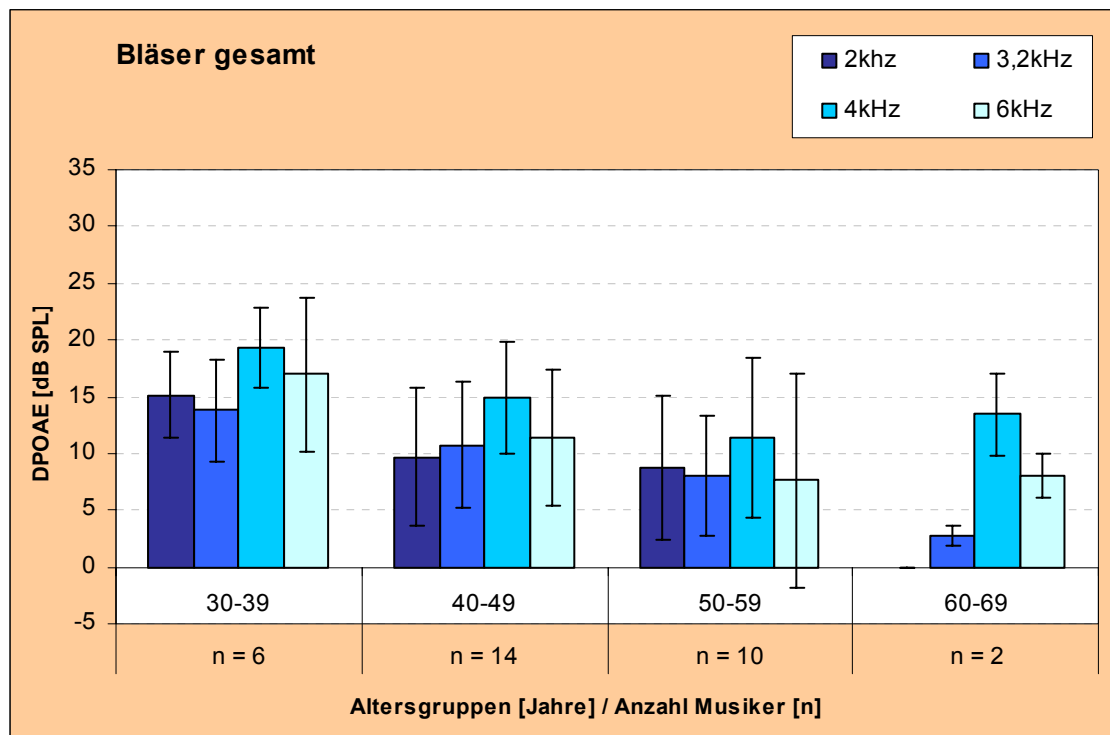


Abbildung 26: DPOAE der männlichen Bläser gesamt (Staatskapelle Weimar und Semperoper Dresden) – linkes und rechtes Ohr gemittelt

In Abbildung 27 sind für die Gruppe der 40-49-Jährigen Streicher die OAE-Amplituden im Vergleich männlich / weiblich dargestellt.

In den Frequenzen 2, 3,2 und 4 kHz ergaben sich bei den männlichen Streichern gegenüber der weiblichen Vergleichsgruppe um 1,14, 0,08 und 2,43 Δ dB SPL erhöhte Amplituden. Bei 6 kHz wiesen die weiblichen Streicher eine um 4,95 Δ dB SPL erhöhte Amplitude auf.

Zusätzlich wurden danach die linken und rechten Ohren der weiblichen Streicher der Gruppe der 40-49-Jährigen miteinander verglichen (Abbildung 28). Für die dargestellten Frequenzen wiesen die linken und rechten Ohren im Mittel OAE-Amplituden von 13,82 und 18,63 dB SPL auf. Für die Frequenzen von 4 und 6 kHz ergab sich am linken Ohr eine Amplitudenreduktion von 5,61 und 2,16 Δ dB SPL im Vergleich zum rechten Ohr.

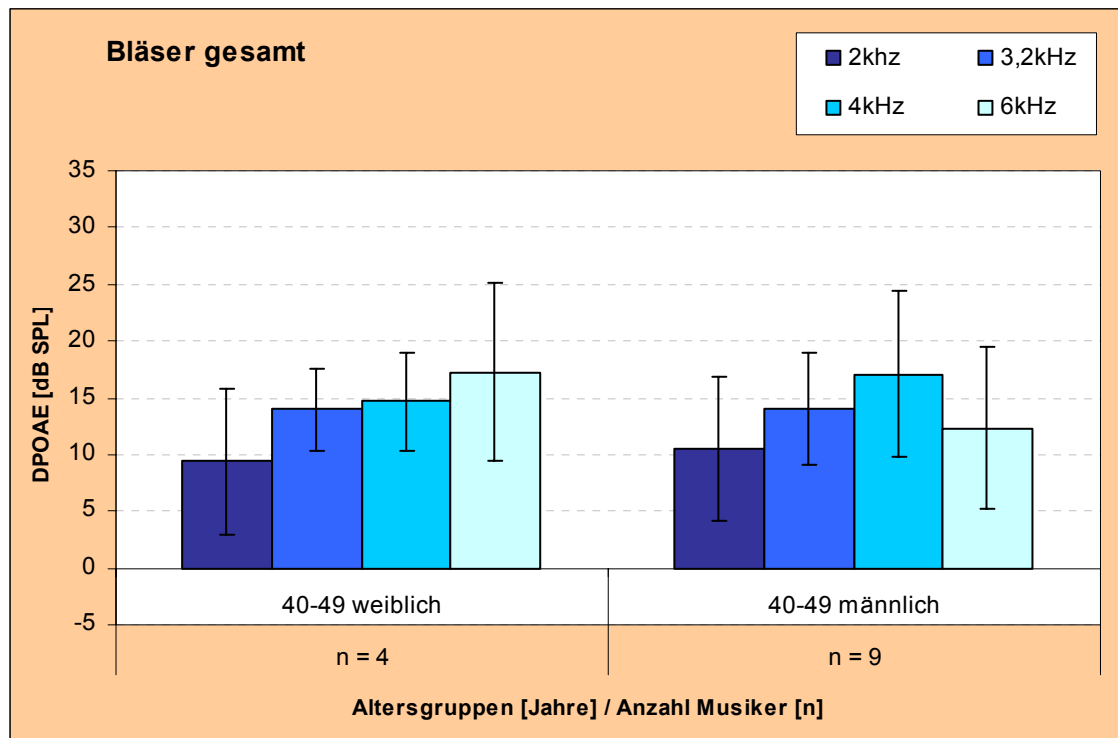


Abbildung 27: DPOAE der Streicher gesamt (Staatskapelle Weimar und Semperoper Dresden) - linkes Ohr

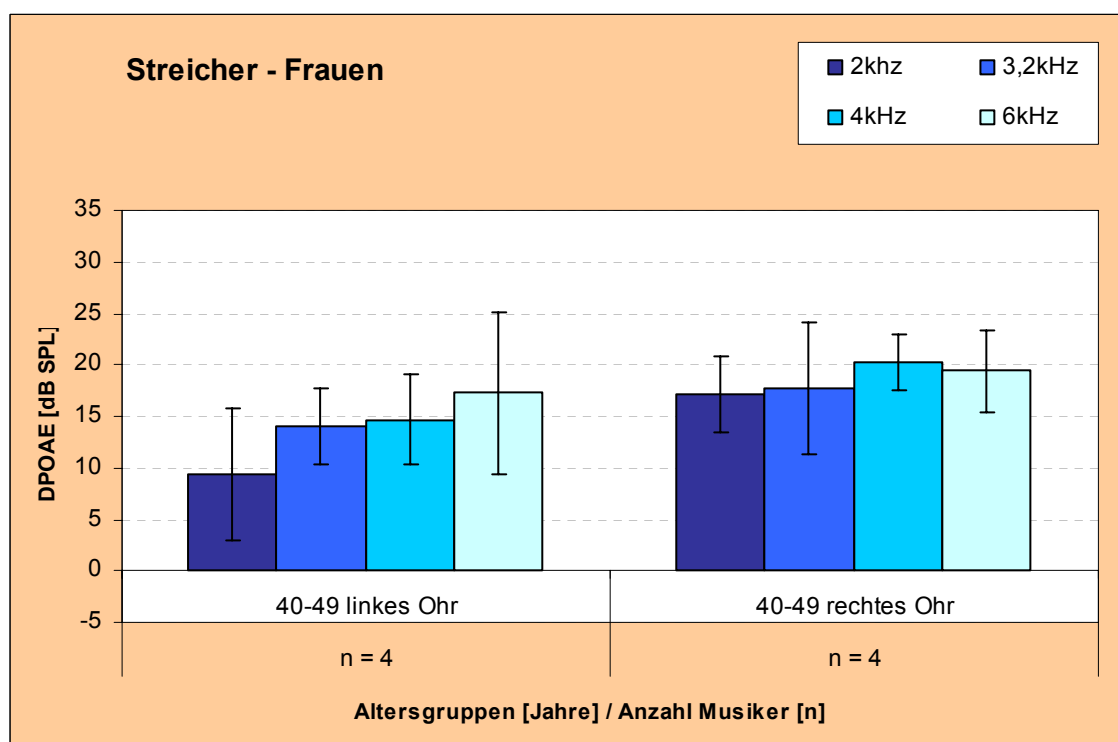


Abbildung 28: DPOAE der weiblichen Streicher gesamt (Staatskapelle Weimar und Semperoper Dresden) - Vergleich linkes mit rechtem Ohr

3.4.3. Seitendifferenzen, Geschlechtsunterschiede und Altersvergleiche

Basierend auf den Ergebnissen der Reintonaudiometrie und den Otoakustischen Emissionen wurden die Daten hinsichtlich bestehender Seitendifferenzen, evtl. bestehender Geschlechtsunterschiede und der Einschätzung der Hörverluste im Vergleich mit einer normal hörenden Gesamtbevölkerung weiter ausgewertet.

Abbildung 30 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen bzgl. Seitendifferenzen an den Violinisten der untersuchten Orchester. Es wurden männliche und weibliche Violinisten von Staatskapelle Weimar, Semperoper Dresden und Philharmonie Jena zusammengefasst und wieder in bereits bekannte Altersgruppen unterteilt. Danach erfolgte die Aufteilung in linke und rechte Ohren, deren Anzahl in der Legende von Abbildung 29 angegeben ist.

Bereits in den Gruppen der 30-39 und 40-49-Jährigen Violinisten zeigten sich erhöhte Hörverluste des linken gegenüber dem rechten Ohr. Für die dargestellten Frequenzen wies in der Gruppe der 30-39-Jährigen, im Mittel das linke Ohr einen Hörverlust von 6,50 dB HL auf, beim rechten Ohr ergaben sich 5,34 dB HL. In der Gruppe der 40-49-Jährigen konnte ein mittlerer Hörverlust von 13,42 dB HL im linken und 12,17 dB HL im rechten Ohr festgestellt werden.

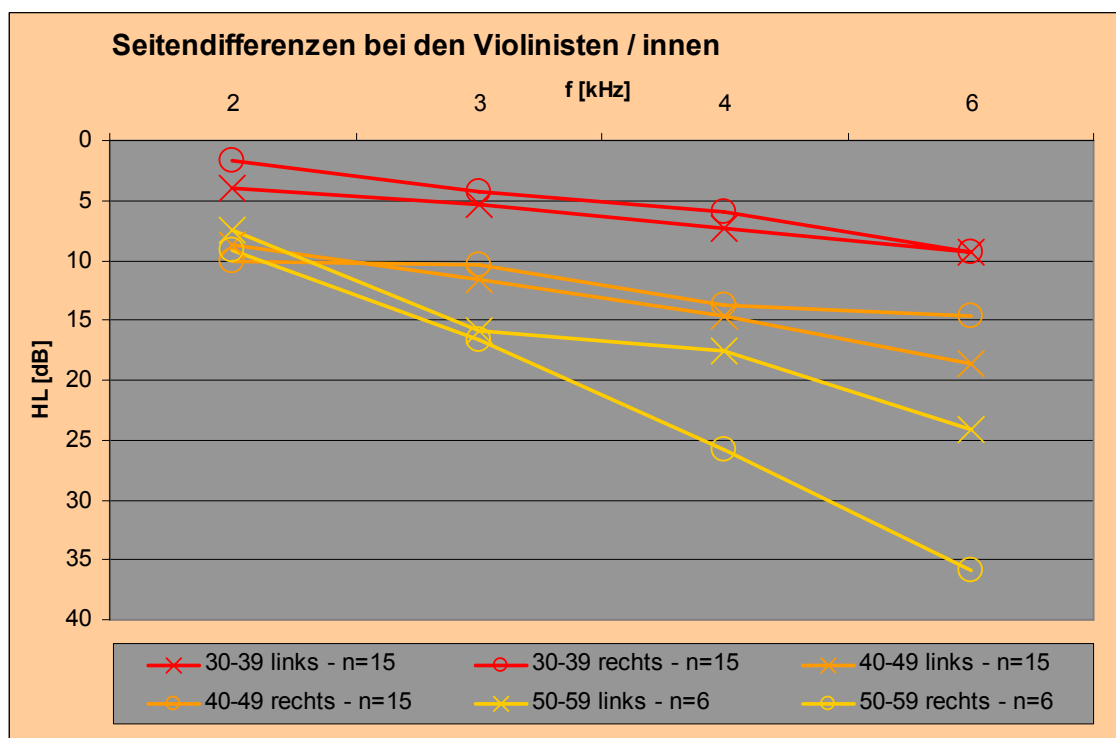


Abbildung 29: Seitendifferenzen der Violinisten (m/w) aller untersuchten Orchester

Bei Betrachtung der mittleren Differenz zwischen dem Hörverlust des linken im Vergleich zum rechten Ohr ergab sich für die angegebenen Frequenzen im Mittel ein Wert von 1,26 Δ dB HL für die 30-39-Jährigen und 1,25 Δ dB HL für die 40-49-Jährigen.

Abbildung 30 zeigt die Ergebnisse von evtl. bestehenden Unterschieden in der Ausprägung eines Hörverlustes bei männlichen und weiblichen Bläsern und Streichern. Es wurden alle untersuchten Orchester zusammengefasst und die Instrumentengruppen, mit deren Musikern im Alter zwischen 30 und 69 Jahren, entsprechend der Legende in Abbildung 30 als Punktwolke aufgetragen. Für die Gruppe der Streicher dienen zwei zusätzliche Regressionslinien zur deutlicheren Illustration der Ergebnisse. Für die Bläser ergab sich keine mathematisch auftragbare Korrelation. Es zeigte sich ein mit dem Alter zunehmender vergrößerter Hörverlust der männlichen gegenüber den weiblichen Streichern.

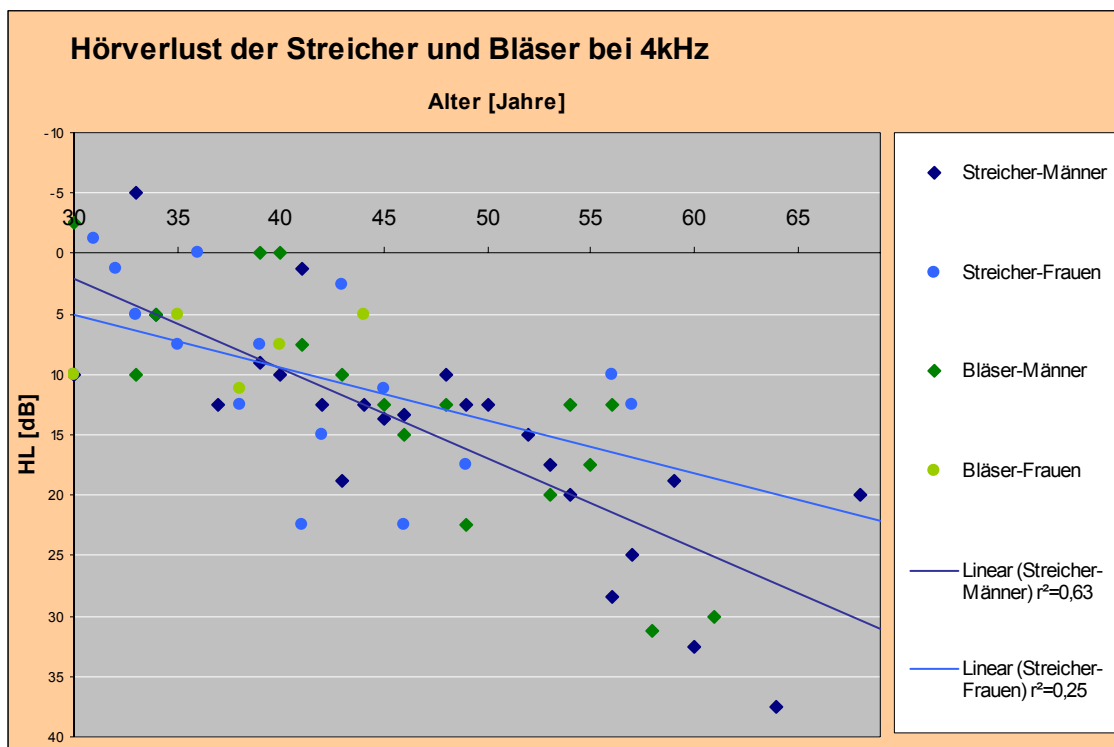


Abbildung 30: Hörverlustunterschiede zwischen männlichen und weiblichen Bläsern und Streichern bei allen untersuchten Orchestern

Im Jahr 1999 waren 19% der deutschen Bevölkerung über 14 Jahre hörgeschädigt. Bei 43,5 % dieser ca. 13,3 Mio Menschen lag mindestens eine mittelgradige Schwerhörigkeit vor (Sohn und Joergenshaus, 2001). Eine Hörminderung wird erst dann audiometrisch erfasst, wenn bereits etwa die Hälfte der Haarzellen eines Frequenzbereiches irreversibel zerstört ist. Der degenerative Prozess durch ständige Überlastungen des Sinnesorgans verläuft deshalb lange Zeit unmerklich (Plath, 1994; Zenner, 1999).

Für die Untersuchungen konnten Musiker im Alter zwischen 30 und 69 Jahren gewonnen werden. Der Altersdurchschnitt der untersuchten Musiker erstreckte sich zwischen 43,2 Jahren (Philharmonie Jena) und 44,8 Jahren (Semperoper Dresden). Im Zusammenhang mit der im Ergebnisteil in Tabelle 1 dargestellten Altersverteilung kann hier von untereinander ausgeglichenen Untersuchungsvoraussetzungen gesprochen werden.

Während die Gruppe der Streicher in allen Orchestern und Altersgruppen homogen vertreten war, gestaltete es sich als schwieriger, speziell in den Altersgruppen der 50-59 und 60-69-Jährigen Bläser, eine ausreichende Anzahl untersuchter Musiker zu gewährleisten. Dies ist nicht auf ein geringeres Interesse an den Untersuchungen zurückzuführen, sondern vielmehr auf die Tatsache begründet, dass es in deutschen Orchestern kaum Bläser gibt, die mit über 60 Jahren noch aktiv musizierend tätig sind. Neben zahlreichen typischen Musikererkrankungen, wie z.B. fokaler Dystonie, Gelenks- und Muskelbeschwerden (Lockwood, 1989; Lederman, 1989; Siemon et al., 2002), leiden Bläser mit zunehmendem Alter vor allem auch unter Atembeschwerden (Gilbert, 1998), Verspannungen im Mund- und Gesichtsbereich (Methfessel, 1990) und Zahnverlust (Methfessel, 2000), was eine sichere Intonation immer schwieriger bis unmöglich macht. Zusätzlich muss bedacht werden, dass auf Grund des Orchesterspielplanes in deutschen Orchestern generell mehr Streicher als Bläser benötigt werden und somit schon bereits vor Untersuchungsbeginn von einer unterschiedlichen Anzahl Streicher und Bläser ausgegangen werden musste.

Hinsichtlich der Geschlechterverteilung lag der Anteil weiblicher Musiker bei der Staatskapelle Weimar und der Philharmonie Jena bei 41 und 40 %. Dem gegenüber wies das Orchester der Semperoper Dresden nur einen Frauenanteil von 12,5 % auf. Die Ursache für diese Geschlechtsunterschiede kann in der tatsächlichen Geschlechtsverteilung, aber auch in unterschiedlicher Bereitschaft zur Teilnahme an

einer solchen Studie liegen. Nach Recherche im Internet zeigte sich, dass der Frauenanteil bei Orchestern in Deutschland und Österreich im Mittel bei 16 % lag. Dem gegenüber wiesen die Orchester in den Vereinigten Staaten und Großbritannien hier einen Anteil von 36 und 30 % auf (Stand 1994). Erst kürzlich wurde von Forschenden der Harvard und Princeton Universität eine Studie zu geschlechtsneutralen Probespielprozeduren fertiggestellt. Die Verwendung eines Vorhangs verbesserte die Chancen für Frauen in der ersten Runde um 50%, in der letzten Runde um 300%. Als eine Folge davon stieg der Frauenanteil in US-Orchestern in den letzten 20 Jahren von 5 auf 36%. Das ist einer der Gründe, warum US-Orchester einen zweimal höheren Frauenanteil haben als deutsche Orchester. Die geschlechtsneutralen Probespielprozeduren wurden dort von der Gewerkschaft durchgesetzt (Conant, 1999). Bei der Auswertung der Fragebögen zeigte sich, dass im Mittel 24,0 % der Orchestermusiker von einer Schwerhörigkeit oder Taubheit in der Familie betroffen sind. 19,0 % gaben an, unter häufigen Mittelohr- oder anderen Ohrerkrankungen zu leiden, bzw. gelitten zu haben, wobei keine durchgeführten Ohr-Operationen angegeben wurden. Weiterhin gaben im Mittel 20,7 % an, unter vermehrter Ohrschmalzbildung zu leiden. Die anamnestisch größte erfassbare Gruppe waren Musiker mit teilweise auftretenden Ohrgeräuschen. Hier ergab sich eine Häufigkeit von gemittelten 41,0 %. Es stellte sich nun die Frage, welchen Einfluss u.a. diese Parameter auf das Entstehen eines lärminduzierten Hörschadens haben.

Es zeigte sich, dass von den Musikern, die angaben, unter teilweise auftretenden Ohrgeräuschen zu leiden, im Mittel 66,7 % einen Hörverlust von 15 dB oder mehr in einem oder beiden Ohren in den Frequenzen 2, 3, 4 oder 6 kHz aufwiesen. Bei Musikern mit Schwerhörigkeit oder Taubheit in der Familie betraf dies im Mittel 70,0 % und bei Musikern mit häufigen Mittelohr- oder anderen Ohrerkrankungen 53,3 %. Dem gegenüber kam die vermehrte Ohrschmalzbildung im Mittel nur bei 47,2 % der Musiker vor. Ausgehend von diesen Ergebnissen sind eine hereditäre Genese und zurückliegende Ohrerkrankungen wahrscheinlich als Cofaktoren bei der Entstehung eines lärminduzierten Hörschadens anzusehen.

Vermehrt auftretende Ohrgeräusche zählen neben der Hörschwellenverschiebung zu den auralen Hörschäden. Das Erscheinungsbild dieser Ohrgeräusche ist sehr variabel, sie können von einem tiefen Brummen bis hin zu einem hohen Pfeifen reichen und unter vielfältigen Umständen auftreten. So treten sie nach Lärmexposition stetig oder auch ohne erkennbaren Bezug auf. In Zusammenhang mit erhöhter Lärmexposition werden

Ohrgeräusche in der Literatur immer wieder beschrieben (Larsen, 1946 - Basta und Ernest, 2004). Die Aussagen reichen von ‚keine Korrelation mit Lärmarbeit‘ (Hinchcliffes, 1961; Dieroff, 1994) bis hin zu ‚Hauptursache des Tinnitus sind Berufs- und Freizeitlärm‘ (Axelsson und Prasher, 2000). In vielen Arbeiten wird dabei stark zwischen temporären und permanenten Ohrgeräuschen unterschieden. Bezüglich der Angaben zu Häufigkeiten von permanenten, vorübergehenden und Ohrgeräuschen allgemein weichen die Angaben in der Literatur stark voneinander ab. Temporäre Ohrgeräusche kommen häufiger vor als permanente (Laitinnen, 2005). Ohrgeräusche werden ebenso bei nichtlärmmexponierten Personen angegeben. Sie werden von Hinchcliffe 1961 in Korrelation mit steigendem Lebensalter angegeben, treten im jungen Erwachsenenalter bei 21 % auf und nehmen bei 65- bis 74-Jährigen bei 57 % weiter zu (Dieroff, 1994). Diese Zahlen korrelieren mit unseren Ergebnissen. Von den untersuchten Musikern im Alter zwischen 30 und 69 Jahren gaben im Mittel 41 % an, unter temporären Ohrgeräuschen zu leiden. Zusätzlich erhärtete sich der Eindruck, dass der Tinnitus meist im Zusammenhang mit akuten Schallbelastungen auftritt, da die Fragebögen entsprechende Aussagen bestätigten.

An den Musikern und Instrumenten wurden neben den anamnestischen Voruntersuchungen auch technische Untersuchungen in Form von Dosimetrie- und Schalldruckpegelmessungen durchgeführt. Es zeigte sich, dass bei Proben der Staatskapelle Weimar, bei der Oper „Mein Vaterland“ von Bedrich Smetana, bei den Pauken Schallpegel von bis zu 97,2 dB Leq gemessen werden konnten. Posaunen und Trompeten wiesen Werte von 95,8 und 97,4 dB Leq auf, die Piccoloflöte erreichte einen Schalldruckpegel von 87,3 dB Leq. Bei den Violinen wurden im Mittel 91,1 dB Leq gemessen, der Kontrabass erreichte einen Pegel von 83,6 dB Leq. Gemittelt über alle Messpunkte ergab sich so ein Schalldruckpegel von 92,1 dB Leq. Diese Ergebnisse decken sich mit den zahlreichen Angaben in der Literatur. Es zeigte sich in den Untersuchungen von Lee (2005), dass vor allem Trompeten, Horn und Piccoloflötenspieler erhöhten Dosen von 90-92 dB(A) ausgesetzt sind. Während bei den Violinen im Mittel 85 dB(A) gemessen wurde, waren bei den Cellisten und Schlagzeugern wiederum 88 – 89 dB(A) zu verzeichnen. Gemittelt auf alle Instrumente ergab sich so ein Schalldruckpegel von 89,3 dB(A).

Vergleichbare Ergebnisse ergaben die Untersuchungen von Babin (1999). Hier wurden Schallexpositionen im Orchestergraben bei Broadway Shows gemessen. Bei 17 Aufführungen konnte ein mittlerer Schallpegel von 91,05 dB(A) bestimmt werden.

Schalldruckpegelmessungen an der finnischen Nationaloper von Laitinen (2003) zeigten ein ähnliches Bild. Die Messungen fanden bei 4 verschiedenen Stücken, u.a. bei den Stücken „Schwanensee“ von Pjotr Iljitsch Tschaikowski und „Die Walküre“ von Richard Wagner, statt. Während die Messpunkte bei Dirigent, Tänzer und Kontrabass meist Lärmpegel von unter 85 dB(A) aufwiesen, ergaben Messungen bei Schlagzeugern / Pauken 95 dB(A), Piccoloflöten 95 dB(A), Blechbläsern 92 – 94 dB(A) und anderen Orchestermitgliedern 83 – 89 dB(A). Solisten und Klavierspieler waren meist Pegeln von >84 dB(A) ausgesetzt. Individuelle Proben waren mit 79 – 100 dB(A) lärmtechnisch äquivalent zu Aufführungen und Gruppenproben mit 82 – 99 dB(A). Zusammenfassend war die Mehrheit der Musiker größeren Dosen als 85 dB(A) ausgesetzt. Die Arbeitsstunden in der Gruppe wurden mit 750 – 850 und für den einzelnen Musiker mit 520 Stunden pro Jahr angegeben.

Entsprechend den gemessenen Dosen und in Verbindung mit der Orchesterzugehörigkeit in Jahren kann von einer erhöhten Schädigungspotenz ausgegangen werden. Lutmann hält 2000 fest, dass erst ab einem Dauerschallpegel von 85 dB (A) von einem leichten Risiko mit nur vereinzelter Schwellwertverschiebung und ab 90 dB(A) von einem großen Risiko, einen dauerhaften Hörschaden zu bekommen, ausgegangen werden kann. Ab einem Pegel von 90 dB(A) ist weiterhin eine Hörschwellenverschiebung bei nahezu allen Musikern nachweisbar. Die Ergebnisse der Reintonaudiometrie und der Otoakustischen Emissionen bestätigen diese Erkenntnisse. So war bei den Streichern der Semperoper Dresden im Bezug zur Vergleichsgruppe der 30-39jährigen in der Gruppe der 40-49-Jährigen bei 4 kHz eine dauerhafte Schwellwertverschiebung um 6,5 ΔdB nachweisbar. Für die 50-59-Jährigen Streicher konnten hier 17,5 ΔdB ermittelt werden.

In der Literatur gibt es zahlreiche Arbeiten, die sich mit dem Hörvermögen vieler unterschiedlicher Berufs- und Altersgruppen beschäftigen. Beispielsweise untersuchte Cruickshanks 1998 in Beaver Dam, Wisconsin den bestehenden Hörverlust an 3753 Erwachsenen unterschiedlicher Professionen zwischen 48 und 92 Jahren. Der Frauenanteil betrug 57,7 %, das gemittelte Alter aller Untersuchungsteilnehmer 65,8 Jahre. Bei 45,9 % ließ sich ein bestehender Hörverlust feststellen, der mit zunehmendem Alter weiter anstieg (Faktor 1,88 für einen Zeitraum von 5 Jahren). Es stellte sich heraus, dass der Hörverlust bei den männlichen Teilnehmern stärker

ausgeprägt war, er blieb auch nach Einbeziehung von Alter, Ausbildung und Lärmaussetzung signifikant vergrößert.

Dem gegenüber fand Stenklev 2004 bei einer reintonaudiometrischen Untersuchung von 223 Personen keine geschlechtsspezifischen Unterschiede hinsichtlich des Hörvermögens. Der Einfluss des Alters auf das Hörvermögen einer normal hörenden Gruppe in hohen Frequenzen wurde ebenfalls untersucht, es verhielt sich zum Hörverlust in jenen Frequenzen direkt proportional. In früheren Untersuchungen an Orchestermusikern fand Westmore 1981 Anzeichen für einen lärminduzierten Hörverlust, der mit hoher Wahrscheinlichkeit hauptsächlich aus Aufführungen resultierte. Durch das Übungspensum der Musiker allein ließen sich keine Anzeichen eines lärminduzierten Hörverlustes nachweisen. Er merkte zusätzlich an, dass die Verminderung der großen Lautstärke in den Orchestern eine kaum lösbare Aufgabe darstellt. In einer anderen Studie von Johnson 1986 wurden 60 Musiker vom Minnesota Orchestra im Alter zwischen 24 und 64 Jahren und 30 Nichtmusiker im Alter zwischen 20 und 69 Jahren mit Hilfe von Reintonaudiometrie untersucht. Die Daten wurden hinsichtlich Alter, Geschlecht und Musiker/Nichtmusiker ausgewertet und mit anderen Studien verglichen. Hierbei zeigte sich, dass das Gehör der Musiker gegenüber der Gruppe der Nichtmusiker nicht schlechter zu sein schien, was suggerierte, dass der Orchesterlärm zu keinen Hörverlusten führte. Die Hörschärfe beider Gruppen war vergleichbar mit Ergebnissen aus Studien mit Normalhörenden, fiel allerdings im Vergleich zu Untersuchungen, in denen „normalhörend“ strenger definiert wurde, geringer aus. Im Jahre 2001 veröffentlichte Kahari zwei Studien zum Thema Hörvermögen bei „klassischen“ Musikern. Es wurden mit Hilfe der Reintonaudiometrie 140 Musiker im Alter zwischen 23 und 64 Jahren audiometrisch untersucht und die Ergebnisse hinsichtlich Geschlecht, Alter und Instrument ausgewertet. Es gab keine strengen Hörverluste, die genau Musiklärm zugeordnet werden konnten. Frauen hatten dabei vor allem im Hochtonbereich deutlich bessere Hörkurven. Zwischen den Instrumenten gab es nur minimale Differenzen, Schlagzeuger und Holzbläser hatten schlechtere Hörkurven, die Streicher hingegen wiesen die besten Hörkurven auf. In einer eigenen Folgestudie wurden obige Ergebnisse noch einmal bestätigt. Es zeigte sich außerdem, dass sich bei Musikern, die 16 Jahre ihrem Berufslärm ausgesetzt waren, im Vergleich zu einer normal hörenden Vergleichsgruppe der ISO 7029 keine signifikanten Unterschiede des Hörvermögens feststellen ließen.

Zwar können Schallpegel und bestehende Hörverluste gemessen werden, jedoch besteht immer noch das Problem der genauen Differenzierung bzgl. der Ausprägung und genauen Ursache des lärminduzierten Hörschadens. Plath merkt 1994 an, dass die Hörminderung erst dann audiometrisch erfasst wird, wenn etwa die Hälfte der Haarzellen eines Frequenzbereiches bereits irreversibel geschädigt ist. Der degenerative Prozess durch ständige Überlastungen des Sinnesorgans verläuft deshalb lange Zeit unmerklich. Er lässt sich neuerdings lediglich mit Hilfe der Otoakustischen Emissionen (OAE) nachweisen und ggf. kontrollieren. Untersuchungen von Plinkert (1999) kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Dabei wurden 20 normalhörende und 26 lärmempfindliche Personen, letztere aus einer Gruppe von 422 Soldaten, die nach Schießübungen bei der Reintonaudiometrie eine TTS zeigten, nochmals mit einer unterschwelligsten Dosis beschallt, welche keine TTS auslösen konnte und daraufhin erneut untersucht. Die Untersuchungen zeigten, dass die Otoakustischen Emissionen eine höhere Sensitivität und Objektivität gegenüber der Reintonaudiometrie hinsichtlich einer lärminduzierten Störung der Cochlea aufwiesen. Auch Prasher (1999) stellt fest, dass Otoakustische Emissionen einen bestehenden Cochleaschaden noch vor der Reintonaudiometrie anzeigen. Zur Vermeidung bzw. Früherkennung eines Cochleaschadens empfiehlt Probst (1993) auf Grund der hohen Sensitivität und Spezifität der OAE einen klinischen Einsatz. Andere Arbeiten kommen hier zu vergleichbaren Ergebnissen. Nach Fraenkel (2003) sind die DPOAE gut geeignet, um eine leichte TTS frühzeitig zu erkennen. Vink (1999) fand heraus, dass sowohl die TEOAE als auch die DPOAE gut reproduzierbar waren und eine hohe Sensitivität aufwiesen. Beiden Untersuchungsmethoden konnte ein großes Potential für die Bestimmung einer TTS nach ausgesetztem Lärm attestiert werden. In einer Studie von Linss (2005) wurde deutlich, dass ein Verlust von äußeren Haarzellen mit einer Verringerung von OAE-Amplituden einhergeht, von dieser Verringerung aber zwangsläufig nicht immer auf das direkte Ausmaß der Schädigung geschlossen werden kann.

Neben einem lärminduzierten Cochleaschaden mit daraus resultierenden verminderten OAE-Amplituden (Emmerich, 2005; Namyslowski, 2004) gibt es zahlreiche weitere Faktoren mit ototoxischer Tendenz. Ein Großteil dieser Faktoren wurde bereits im Einleitungskapitel besprochen.

Der Einfluss des Lebensalters auf den Verlauf der Hörschwelle und der otoakustischen Emissionen ist unumstritten und in zahlreichen Publikationen (Castor et al. 1994; Karzon et al. 1994; Strouse et al. 1996; Dorn 1998) nachgewiesen worden. Durch

verschiedene Einwirkungen kommt es im zunehmenden Alter zu einer Anhebung der Hörschwelle im Ton- und Sprachaudiogramm. (Brant und Fozard 1990; Hauser, 1993). Mit dem altersbedingten Verlust des Hörvermögens geht auch eine signifikante Absenkung der OAE-Amplituden einher (Lonsbury-Martin et al. 1993; Nieschalk et al. 1998; Oeken 2000). Eine exakte Abgrenzung der Alterseinflüsse ist im Allgemeinen und in dieser Arbeit im Besonderen nicht möglich. Von den wesentlichen Nebeneinflüssen sind die Lebens- und Ernährungsgewohnheiten der Probanden, der Einfluss des Rauchens, die körperliche Disposition und nicht zuletzt die Lärmeinwirkung im Freizeitbereich zu nennen (Huizing 1980, Talbott et al. 1990, Beck 1994, Ising et. al. 1988, 1994, 1996, 1997). Die Überlappungen der unterschiedlichen Einflüsse sind mit großer Wahrscheinlichkeit für die Verläufe der Messparameter OAE und Hörverlust verantwortlich.

Zusätzlich finden sich in der Literatur Ergebnisse, die zeigen, dass Frauen gegenüber Männern gleichen Alters bessere OAE-Amplituden aufweisen (Engdahl 2002; Johansson 2003). Hoth und Bönnhoff (1993) stellten ebenfalls bei weiblichen Probanden tendenziell größere TEOAE-Amplituden fest. In einer weiteren Untersuchung konnte Hoth (1996) jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den OAE von Männern und Frauen erkennen. In unseren Untersuchungen an den Streichern der Staatskapelle Weimar und Semperoper Dresden konnten ebenfalls keine deutlichen Hinweise auf verringerte OAE-Amplituden bei Musikern gegenüber ihren Kolleginnen nachgewiesen werden.

Bedingt durch ihre Instrumentenhaltung sind in der Literatur Seitendifferenzen hinsichtlich des Hörvermögens zwischen linkem und rechtem Ohr beschrieben worden. Dies gilt speziell bei Violinenspielern, da diese mit ihrer durch ihr Instrument vorgegebene Spielweise das linke Ohr stärker belasten. Bei den Violinenspielerinnen der Staatskapelle Weimar und der Semperoper Dresden wiesen die OAE-Amplituden für die Frequenzen von 2, 3, 2, 4 und 6 kHz eine Verringerung von im Mittel von 4,81 AdB SPL auf. Im Vergleich mit den Ergebnissen der Reintonaudiometrie ergab sich hier eine gute Korrelation. So wiesen beispielsweise die Musikergruppe der Violinen, hier Männer und Frauen zusammen, in den Altersgruppen der 30-39 und 40-49-Jährigen für den Frequenzbereich von 2-6 kHz eine gemittelte Differenz des Hörverlustes zwischen rechtem und linkem Ohr von 1,26 und 1,25 AdB HL auf. Diese Seitendifferenzen sind auch in der Literatur beschrieben. Axelsson & Lindgren fanden 1981 bei einer Untersuchung am Sinfonieorchester Göteborg ein schlechteres Hörvermögen bei den

linken gegenüber den rechten Ohren. Royster untersuchte 1991 59 Musiker des Symphonieorchesters Chicago und fand im Vergleich zu anderen Instrumentengruppen bei den Violinen deutlich schlechtere Hörkurven im linken Ohr.

Neben der Emissionsbegrenzung stellt das Tragen von Gehörschutz ein wichtiges Mittel zur Verhütung lärmbedingter Gesundheitsschäden dar. Aufgrund der zum Teil sehr hohen Schalldruckpegel in den untersuchten Orchestern sollten Berufsmusiker Maßnahmen zum Schutz ihrer Ohren ergreifen. Es stehen eine Vielzahl von Lösungen, wie z.B. Otoplastiken, für den individuellen Gehörschutz zur Verfügung. Die Auswertung der Fragebögen unserer Untersuchung zeigte, dass sich die Musiker der Tatsache der Gehörgefährdung mehrheitlich bewusst und an Präventionsmaßnahmen interessiert sind. Der getestete Gehörschutz wird dennoch nur von 1,5% der untersuchten Musiker akzeptiert und getragen. In den letzten Jahren wurde der ursprünglich für die Berufszweige der Industrie entworfene Gehörschutz immer mehr an die Bedürfnisse von Musikern angepasst und weiterentwickelt. Nach heutigem Erkenntnisstand arbeiten die angebotenen Systeme für Musiker praktikabel und effektiv. (Teie, 1998; Laitinen et al, 2003). In einer Befragung von Musikern an 5 klassischen Orchestern in der Region in und um Helsinki hinsichtlich der Akzeptanz von Gehörschutzmaßnahmen gaben lediglich 6 % der Musiker an, einen Gehörschutz zu nutzen. Es zeigte sich, dass sich die Tragebereitschaft unter den Musikern, die bereits über bestehende Ohrbeschwerden (Hörverlust, Ohrgeräusche, usw.) klagten, auf 20 % erhöhte (Laitinen, 2005). In diesem Zusammenhang sind nochmals mehr Motivation und Aufklärung notwendig, um die Anzahl der Nutzer zu erhöhen.

Zu den Möglichkeiten, das Ohr vor Lärm zu schützen, zählen neben dem bereits erläuterten individuellen Gehörschutz auch Schallschutzmaßnahmen in den Orchestern. Die einfachste, kostengünstigste und zugleich effektivste Möglichkeit der Lärmbelastungsreduktion wäre natürlich ein von vornherein niedrigerer Schalldruckpegel.

Nach Vorgaben der Unfallverhütungsvorschrift (UVV) „Lärm“ ist ab einem Beurteilungspegel von 85 dB(A) persönlicher Schallschutz zur Verfügung zu stellen, ab 90 dB(A) ist er zu benutzen. Im Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G20 „Lärm“ wird die Durchführung arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen geregelt. Die Arbeitsstättenverordnung besagt, dass in Arbeitsräumen der Schallpegel so niedrig zu halten ist, wie es nach Art des Betriebs möglich ist.

Zwar existiert das Normblatt DIN 15905 Teil 5 „Tontechnik in Theatern und Mehrzweckhallen“, worin Maßnahmen zur Vermeidung einer Gehörgefährdung des

Publikums durch hohe Schallpegel bei Lautsprecherwiedergabe geregelt sind, eine gesetzliche Umsetzung erfolgte bisher nicht. Diese wird jedoch sowohl vom Bundesumweltamt und als auch vom wissenschaftlichen Beirat der Bundesärztekammer gefordert. Damit würde ein maximal erlaubter Dauerschallpegel von 93 dB(A) an der lauesten Stelle im Publikum gelten. In anderen Ländern, wie zum Beispiel der Schweiz, gelten bereits solche Verordnungen. Hier darf der Dauerschallpegel 93 dB(A) und der Maximalpegel mit der Zeitbewertung „fast“ 125 dB(A) nicht überschreiten.

Musik ist etwas Wertvolles. Berufsmusiker sind Teil einer Orchesterkultur in Deutschland, die den Musikgenuss einer breiten Bevölkerungsgruppe zugänglich machen. Diese Musiker spielen nicht zum Selbstzweck, sie sind fester Bestandteil des kulturellen und geistigen Lebens. Aus den Ergebnissen unserer Untersuchung zeigt sich, dass ihre Berufsausübung gesundheitliche Risiken birgt. Mit einem Arbeitsumfeld, welches mit deutlich höheren Schallpegeln behaftet ist, als es der Gesetzgeber vorsieht, setzen sie sich dem Risiko aus, eine Lärmschwerhörigkeit zu entwickeln. Während sie so die Lebensqualität anderer erhöhen, müssen sie später dafür mit ihrer Gesundheit bezahlen. Durch die Tatsache bedingt, dass sie keiner Berufsgenossenschaft angehören, erhalten sie bei einem durch ihren Beruf verursachten Lärmschaden keinerlei Entschädigung oder Rente. Die Gesellschaft darf sich hier nicht ihrer sozialen Verantwortung entziehen. Nicht zuletzt gebietet auch die Fürsorgepflicht des Staates, diese Berufsgruppen zu unterstützen, da sie für die kulturelle Entwicklung eines Landes und gesamter Volksgruppen unverzichtbar sind.

Es ist bekannt, dass Berufsmusiker durch ihre Berufsausübung hohen Schallpegeln ausgesetzt sind. Resultiert daraus zwangsläufig ein schlechteres Hörvermögen bzw. gibt es Faktoren, welche eine Hörminderung noch verstärken oder gar mindern? Lassen sich Rückschlüsse hinsichtlich einer Lärmprävention in deutschen Orchestern ableiten?

Um diesen und zahlreichen weiteren Fragen nachzugehen, wurden 107 Berufsmusiker von 3 staatlichen Orchestern in Deutschland audiometrisch untersucht. Hierbei handelte es sich um die Staatskapelle in Weimar, die Semperoper in Dresden und die Philharmonie in Jena.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden dazu erstmals verschiedene Untersuchungs- und Messmethoden miteinander kombiniert. Neben der Reintonaudiometrie erfolgten spezielle Dosimetrie- und Schalldruckpegelmessungen inner- und außerhalb der Orchester. Somit konnte für jeden Musikerplatz und jede Instrumentengattung innerhalb des Orchesters ein Schallprofil mit dazugehörigem Spektrum erstellt und ausgewertet werden. Um diesem Aufwand Rechnung zu tragen, erfolgten weitere Messungen mit Hilfe hochspezifischer Otoakustischer Emissionen. Für jeden Musiker wurden auf diese Weise Distorsionsprodukte der äußeren Haarzellen (OHC) abgeleitet.

Zusätzlich wurden in einem in Verbindung mit Psychologen der Universität Jena entwickelten Fragebogen gezielt nach Faktoren gefragt, von denen ein Einfluss auf das Gehör bekannt ist.

Die Musiker wurden in 4 verschiedene Altersgruppen, zwischen 30-39, 40-49, 50-59 und 60-69 Jahren, unterteilt. Die sich im Mittel um 10 Jahre unterscheidenden Gruppen repräsentierten eine um jeweils 10 Jahre längere bzw. kürzere Schallbelastung in den Orchestern. Die Gruppen konnten auf diese Weise direkt miteinander verglichen und die Folgen ihrer Berufsausübung auf das Gehör direkt dargestellt werden.

Es zeigte sich, dass eine Hörminderung durch Cofaktoren beeinflusst werden kann. So konnte bei Musikern, die eine Schwerhörigkeit oder Taubheit in der Familie oder teilweise auftretende Ohrgeräusche angaben, im Mittel bei 70 bzw. 66,7% ein Hörverlust von ≥ 15 dB in den Frequenzen 2, 3, 4 oder 6 kHz nachgewiesen werden.

Bei der Reintonaudiometrie waren bei den Audiogrammen der verschiedenen Altersgruppen der Bläser und Streicher deutliche Unterschiede feststellbar. Bei den Streichern der Semperoper Dresden zeigte sich ab einer Frequenz von 3 kHz eine deutliche Hörminderung der älteren Musikergruppen gegenüber den jüngeren Vergleichsgruppen. In Bezug zur Gruppe der 30-39-Jährigen Streicher konnte bei den

40-49-, 50-59- und 60-69-Jährigen bei 4 kHz eine um 6,5 Δ dB, 17,5 Δ dB und 22,5 Δ dB erhöhte Hörminderung festgestellt werden. Bei 6 kHz vergrößerten sich diese Werte noch einmal.

Bei den Bläsern der Staatskapelle Weimar stellte sich ein anderes Bild dar. Die 40-49-Jährigen Musiker hörten bei 2 kHz um 5,0 Δ dB, bei 6 kHz sogar um 8,3 Δ dB schlechter als ihre 30-39-Jährigen Kollegen. Bei 3 und 4 kHz unterschieden sich die Hörverluste dagegen nicht.

Bei den Otoakustischen Emissionen zeigte sich bei den 40-49- und 50-59-Jährigen Streichern der Semperoper Dresden eine ab 3,2 kHz deutliche Amplitudenverkleinerung, die in den Frequenzen von 4 und 6 kHz sehr deutlich ausgeprägt war. Bei der Frequenz von 6 kHz verringerte sich die Amplitude gegenüber den 30-39-Jährigen bei den 40-49-Jährigen um 8,02 Δ dB SPL und bei den 50-59-Jährigen um 13,73 Δ dB SPL. Bei Betrachtung der Bläser von Staatskapelle Weimar und Semperoper Dresden zusammen ergab sich ein nahezu kongruentes Bild. Auch hier fielen die Amplituden bei den 40-49 und 50-59-Jährigen gegenüber den 30-39-Jährigen über alle dargestellten Frequenzen von 2, 3,2, 4 und 6 kHz deutlich ab. So verringerte sich die OAE-Amplitude bei 4 kHz von 19,32 dB SPL (30-39jährige), zu 14,94 dB SPL (40-49jährige) und 11,37 dB SPL (50-59jährige). Die Amplitude fiel hier um 4,38 und 7,95 Δ dB SPL bei den 40-49 und 50-59-Jährigen gegenüber den 30-39-Jährigen ab. Bei 6 kHz vergrößerten sich diese Differenzen zwischen den Altersgruppen nochmals, es konnte ein Amplitudenabfall von 5,58 und 9,30 Δ dB SPL bei den 40-49 und 50-59-Jährigen im Vergleich zu den 30-39-Jährigen festgestellt werden.

Die in der Literatur bei Streichern, bedingt durch ihre Instrumentenhaltung, beschriebenen Seitendifferenzen zwischen dem linken und rechten Ohr konnten bestätigt werden. So wiesen die linken und rechten Ohren der weiblichen Streicher der Staatskapelle und der Semperoper im Mittel OAE-Amplituden von 13,82 und 18,63 dB SPL auf. Für die Frequenzen von 4 und 6 kHz ergab sich am linken Ohr eine Amplitudenreduktion von 5,61 und 2,16 Δ dB SPL im Vergleich zum rechten Ohr. Weitere Audiogrammauswertungen bei Violinisten /innen aller 3 Orchester korrelierten ebenfalls mit diesen Ergebnissen.

- (1) Axelsson A, Lindgren F. Hearing in Classical Musicians. 1981.
- (2) Axelsson A, Prasher D. Tinnitus induced by occupational and leisure noise. *Noise and Health* 8: 47-54, 2000.
- (3) Babin A. Orchestra Pit Sound Level Measurements in Broadway Shows. *Med Probl Perf Artists* 14: 204-9, 1999.
- (4) Basta D, Ernest A. Noise-induced changes of neuronal spontaneous activity in mice inferior colliculus brain slices. *Neurosci Lett* 368: 297-302, 2004.
- (5) Bauer EP, Westhofen M, Kehrl W. zur Ototoxizität des Zytostaticums Carboplatin bei Patienten mit Kopf-Hals-Tumoren. *Laryngol Rhinol Otol* 71: 412-415, 1992.
- (6) Beck A, Maurer J, Welkoborsky HJ, Mann W. Veränderungen transitorisch evozierter otoakustischer Emissionen unter Chemotherapie mit Cisplatin und 5 FU. *HNO* 40: 123-127, 1992.
- (7) Beck C. Anatomie und Histologie des Ohres. In: Zöllner F (Hg.) Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde in Praxis und Klinik in 6 Bänden. Ohr I Bd. 5, 2. Aufl. : 2.18-2.60, 1979.
- (8) Beck C. Ursachen der Altersschwerhörigkeit. In: Dieroff HG: Lärmschwerhörigkeit Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart : 190-192, 1994.
- (9) Boenninghaus HG, Lenarz T (eds) Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, 9th edn. Springer-Lehrbuch, Berlin, Heidelberg, NY, 1993.
- (10) Brant LJ, Fozard JL. Age-Changes in Pure-Tone Hearing Thresholds in A Longitudinal-Study of Normal Human Aging. *J Acoust Soc Am* 88: 813-20, 1990.

- (11) Castor X, Veuillet E, Morgon A, Collet L. Influence of Aging on Active Cochlear Micromechanical Properties and on the Medial Olivocochlear System in Humans. *Hear Res* 77: 1-8, 1994.
- (12) Conant A. Der Status der Frauen in deutschen Orchestern. Fünf konkrete Vorschläge zur Verbesserung des Status von Frauen in Orchester. <http://www.osborne-conant.org/statusgr.htm>, 1999.
- (13) Cruickshanks KJ, Wiley TL, Tweed TS, Klein BEK, Klein R, Mares-Perlman JA, Nondahl DM. Prevalence of hearing loss in older adults in Beaver Dam, Wisconsin - The Epidemiology of Hearing Loss Study. *Am J Epidemiol* 148: 879-86, 1998.
- (14) Dieroff HG: Lärmschwerhörigkeit, 3. Auflage; Gustav Fischer Verlag Jena, 1994.
- (15) Dorn PA, Piskorski P, Keefe DH, Neely ST, Gorga MP. On the existence of an age/threshold/frequency interaction in distortion product otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am* 104: 964-71, 1998.
- (16) Duvall AJ, Robinson KS, Feist SJ. Cochlear Permeability of Neomycin and Gentamicin - An Immunohistochemical Study. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 248: 319- 25, 1991.
- (17) Emmerich E, Richter F, Linss V, Linss W. Frequency- specific cochlear damage in guinea pig after exposure to different types of realistic industrial noise. *Hear Res* 201: 90-8, 2005.
- (18) Engdahl B, Tambs K. Otoacoustics emissions in the general adult population of Nord-Trondelag, Norway: I. Distribution by age, gender and ear side. II. Effects of noise, head injuries and ear infections. *Intern J Audiol* 41: 64-87, 2002.
- (19) Fearn R. Hearing-Loss in Musicians. *J sound vibr* 163: 372-8, 1993.

- (20) Fraenkel R, Freeman S, Sohmer H. Use of ABR threshold and OAEs in detection of noise induced hearing loss. J Basic & Clin Physiol & Pharmacol 14: 95-118, 2003.
- (21) Gilbert TB. Breathing difficulties in wind instrument players. Md Med J. 47: 23-7, 1998.
- (22) Gobsch H, Tietze G. Interrelation of spontaneous and evoked otoacoustic emissions. Hear Res 69: 176-81, 1993.
- (23) Harper BS. Workplace and health: A survey of classical orchestral musicians in the United Kingdom and Germany. Med Probl Perform Art 17: 83-92, 2002.
- (24) Hart CW, Geltman CL, Schupbach J, Santucci M. The Musician and Occupational Sound Hazards. Med Probl Perform Art 2: 22-5, 1987.
- (25) Hauser R. Presbyakusis. Therap Umschau 50: 627-32, 1993.
- (26) Hauser R, Probst R, Harris FP. Die klinische Anwendung otoakustischer Emissionen kochleärer Distortionsprodukte. Laryngol Rhinol Otol 70: 123-31, 1991.
- (27) Hensch MA, Chesky K. Hearing loss and aging: Implications for the professional musician. Med Probl Perform Art 14: 76-9, 1999.
- (28) Hinchcliffe R. Threshold of Hearing for Random Noise. Journal of Speech and Hear Res 4: 3-9, 1961.
- (29) Hoth S. The influence of inner ear hearing loss on transitory evoked and distortion product otoacoustic emission. Laryngol Rhinol Otol 75: 709-18, 1996.

- (30) Hoth S, Bönnhoff S. Klinische Anwendung der transitorisch evozierten otoakustischen Emissionen zur therapiebegleitenden Verlaufskontrolle. HNO 41: 135-145, 1993.
- (31) Huizing EH, Hoogendijk K. Audiometrical Types of Presbycusis. Clin Otolaryngol 5: 223, 1980.
- (32) Ising H. Gehörgefährdung durch laute Musik. Soz Praeventivmed 41: 327-8, 1996.
- (33) Ising H, Babisch W. Gehörgefährdung durch laute Musik. - Musikhörgewohnheiten von Jugendlichen. HNO 42: 465-9, 1994.
- (34) Ising H, Babisch W, Gandert J, Scheuermann B. Hearing losses in new apprentices due to leisure noise and music. Zeitschr Lärmbekämpf 35: 35-41, 1988.
- (35) Ising H, Babisch W, Hane J, Kruppa B. Loud music and hearing risk. J Audiol Med 6: 123-33, 1997.
- (36) Ising H, Hanel J, Pilgramm M, Babisch W, Lindthammer A. Risk of hearing loss caused by listening to music via headphones.. HNO 42: 764-8, 1994.
- (37) ISO 1999. 1990. Acoustics – Determination of occupational noise-induced hearing impairment. International Organization for Standardization. Geneva.
- (38) Jansson E, Karlsson K. Sound Levels Recorded Within the Symphony-Orchestra and Risk Criteria for Hearing-Loss. Scand Audiol 12: 215-21, 1983.
- (39) Johansson MSK, Arlinger SD. Otoacoustic emissions and tympanometry in a general adult population in Sweden. Intern J Audiol 42: 448-64, 2003.

- (40) Johnson DW, Sherman RE, Aldridge J, Lorraine A. Extended high frequency hearing sensitivity. A normative threshold study in musicians. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 95: 196-202, 1986.
- (41) Kahari K, Zachau G, Eklof M, Moller C. The influence of music and stress on musicians' hearing. *J sound vibr* 277: 627-31, 2004.
- (42) Kahari K, Eklof M, Sandsjo L, Zachau G, Moller C. Associations between hearing and psychosocial working conditions in rock/jazz musicians. *Med Probl Perform Art* 18: 98-105, 2003.
- (43) Kahari K, Zachau G, Eklof M, Sandsjo L, Moller C. Assessment of hearing and hearing disorders in rock/jazz musicians. *Int J Audiol* 42: 279-88, 2003.
- (44) Kahari KR, Axelsson A, Hellstrom PA, Zachau G. Hearing assessment of classical orchestral musicians. *Scand Audiol* 30: 13-23, 2001.
- (45) Kahari KR, Axelsson A, Hellström P-A, Zachau G. Hearing development in classical orchestral musicians. A follow-up study. *Scand Audiol* 30: 141-9, 2001.
- (46) Karzon RK, Garcia P, Peterein JL, Gates GA. Distortion-Product Otoacoustic Emissions in the Elderly. *Am J Otol* 15: 596-605, 1994.
- (47) Kemp DT. Stimulated Acoustic Emissions from Within Human Auditory-System. *J Acoust Soc Am* 64: 1386-91, 1978.
- (48) Kimberley BP, Hernadi I, Lee AM, Brown DK. Predicting Pure Tone Thresholds in Normal and Hearing-Impaired Ears with Distortion Product Emission and Age. *Ear Hear* 15: 199-209, 1994.
- (49) Laitinen HM, Toppila EM, Olkinuora PS, Kuisma K. Sound exposure among the finnish national opera personnel. *Appl Occupat Environment Hyg* 18: 177-82, 2003.

- (50) Laitinen HM. Factors affecting the use of hearing protectors among classical music players. *Noise Health* 7.26: 21-29, 2005.
- (51) Larsen B. Investigations on noise in certain factories. *Acta Otolaryngol* (Stockh), 34:71-77, 1946.
- (52) Lebo CP, Oliphant KP. Music As A Source of Acoustic Trauma. *Laryngoscope* 78: 1211-1968.
- (53) Lederman RJ. Peripheral-Nerve Disorders in Instrumentalists. *Ann Neurol* 26: 640-6, 1989.
- (54) Lee J, Behar A, Kunov H, Wong W. Musicians' noise exposure in orchestra pit. *Appl acoust* 66: 919-31, 2005.
- (55) Lehnhardt E, Laszig R. *Praxis der Audiometrie*, 8. Aufl. Thieme Verl. Stuttgart, New York, 2000.
- (56) Linss V, Emmerich E, Richter F, Linss W. Is there a close relationship between changes in amplitudes of distortion product otoacoustic emissions and hair cell damage after exposure to realistic industrial noise in guinea pigs? *Eur Arch Otorhinolaryngol* 262: 488-95, 2005.
- (57) Lockwood H. Medical Problems of Musicians. *N Engl J Med* 320: 221-7, 1989.
- (58) Lockwood H. Musicians Maladies - Reply. *N Engl J Med* 321: 52-3, 1989.
- (59) Lockwood H, Lindsay ML. Reflex Sympathetic Dystrophy After Overuse - the Possible Relationship to Focal Dystonia. *Med Probl Perf Art* 4: 114-7, 1989.
- (60) Lonsbury-Martin BL, Whitehead ML, Martin GK. Distortion-product otoacoustic emissions in normal and impaired ears: insight into generation

- processes. In: Allum JHJ, Allum-Mecklenburg DJ, Harris FP, Probst R, eds. Progress in Brain Research 97. Elsevier Science Publishers B.V. : 77-90, 1993.
- (61) Lutman ME. What is the risk of noise-induced hearing loss at 80, 85, 90 dB(A) and above? Occup Med 50: 274-5, 2000.
- (62) Lutz H, Lenarz T, Weidauer H, Federspil P, Hoth S. Ototoxicity of vancomycin: an experimental study in guinea pigs. ORL 53: 273-8, 1991.
- (63) Maher JF, Schreiner GE. Studies on Ethacrynic Acid in Patients with Refractory Edema. Ann Int Med 62: 15-&, 1965.
- (64) Mathis A, DeMin N, Arnold W. Transient Evoked Otoacoustic Emissions in Ears with Preserved Hearing in High, Low Or Middle Frequency Ranges. HNO 39: 55-60, 1991.
- (65) Methfessel G. Myofunktion bei Blasinstrumentalisten. Dtsch Zahnärztl Z 45: 48-50, 1990.
- (66) Methfessel G. Die Zähne und die Blasmusik. Kieferorthop 14: 45-52, 2000.
- (67) Meyer J, Gummer AW. Physiological effects of tip link destruction in cochlear hair cells. Implications for noise-induced damage of the inner ear. HNO 48: 383-9, 2000.
- (68) Meyer J, Gummer AW. Tip-link independent mechanotransduction in cochlear outer hair cells? In: Wada H, Takasaka T, Ikeda K, Ohyama K, Koike T, eds. Recent Developments in Auditory Mechanisms. Singapore, New Jersey, London: World Scientific: 269-274, 2000.
- (69) Namyslowski G, Morawski K, Trybalska G, Urbaniec P. The latencies of the 2f1-f2 DPOAE measured using phase gradient method in young adults and in workers chronically exposed to noise. Otolaryng Pol LVIII: 131-8, 2004.

- (70) Naumann H (ed) Oto-Rhino-Laryngologie in Klinik und Praxis, in 3 Bänden, 2nd edn, vol Ohr. Thieme, Stuttgart, 1994.
- (71) Nieschalk M, Hustert B, Stoll W. Distortion-product otoacoustic emissions in middle-aged subjects with normal versus potentially presbycusis high-frequency hearing loss. *Audiology* 37: 83-99, 1998.
- (72) Oeken J, Lenk A, Bootz F. Influence of age and presbycusis on DPOAE. *Acta Otolaryngol* 120: 396-403, 2000.
- (73) Ostri B, Eller N, Dahlin E, Skylv G. Hearing impairment in orchestral musicians. *Scand Audiol* 18: 243-9, 1989.
- (74) Pickles JO, Comis SD, Osborne MP. Cross-links between stereocilia in the guinea pig organ of corti and their possible relation to sensory transduction. *Hear Res* 15: 103-12, 1984.
- (75) Plath P. Hearing dysfunction caused by noise exposure during leisure activities. *HNO* 42: 483-7, 1994.
- (76) Plinkert PK, Hemmert W, Wagner W, Just K, Zenner H-P. Monitoring noise susceptibility: sensitivity of otoacoustic emissions and subjective audiometry. *Brit J Audiol* 33: 367-82, 1999.
- (77) Plinkert PK, Hemmert W, Zenner H-P. Methodenvergleich zur Früherkennung einer Lärmvulnerabilität des Innenohres. *HNO* 43: 89-97, 1995.
- (78) Plinkert PK, Kröber S. Early detection of cisplatin ototoxicity by evoked otoacoustic emissions. *Laryngol Rhinol Otol* 70: 457-62, 1991.
- (79) Prasher D, Sulkowski W. The role otoacoustic emissions in screening and evaluation of noise damage. *Int J of Occup Med and Env Health* 12: 183-92, 1999.

- (80) Probst R. Transiently evoked and distortion-product otoacoustic emissions. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 119: 858-60, 1993.
- (81) Probst R, Harris FP, Hauser R. Clinical monitoring using otoacoustic emissions. Br J Audiol 27: 85-90, 1993.
- (82) Royster JD, Royster LH, Killion MC. Sound exposures and hearing thresholds of symphony orchestra musicians. J Acoust Soc Am 89: 2793-803, 1991.
- (83) Rybak LP, Whitworth C, Scott V, Weberg A. Ototoxicity of Furosemide During Development. Laryngoscope 101: 1167-74, 1991.
- (84) Siemon B, Borisch N. Problems of the musculoskeletal system in amateur orchestra musicians under special consideration of the hand and wrist. Handchir Mikrochir Plast Chir. 34: 89-94, 2002.
- (85) Sohn W, Joergenshaus W. Schwerhörigkeit in Deutschland : Repräsentative Hörscreening-Untersuchung bei 2000 Probanden in 11 Allgemeinpraxen, Z. All. Med. 77: 143-156, 2001.
- (86) Stenklev NC, Laukli E. Presbycusis - hearing thresholds and the ISO 7029. Int J Audiol 43: 295-306, 2004.
- (87) Strouse AL, Ochs MT, Hall JW 3rd. Evidence against the influence of aging on distortion-product otoacoustic emissions. J Am Acad Audiol. 7: 339-45, 1996.
- (88) Teie PU. Noise induced hearing loss and symphony orchestra musicians: risk factor, effects and management. Maryl Medic J 47: 13-8, 1998.
- (89) UVV Lärm (Unfallverhütungsvorschrift Lärm – BGV B3). 1990. In: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften [HVBG]. Berufsgenossenschaftliche Vorschriften – BGV. zweiter Nachtrag vom 29.03.2003. Köln: Carl Heymanns Verlag.

- (90) Vink BM, Van Cauwenberge PB, Leroy L, Corthals P. Sensivity of transient evoked and distortion product otoacoustic emissions to the direct effects of noise on the human cochlea. *Audiol* 38: 44-52, 1999.
- (91) Westmore GA, Eversden ID. Noise-induced hearing loss and orchestral musicians. *Arch Otolaryngol* 107: 761-4, 1981.
- (92) Zenner H-P. Freizeitlärm - Gehörschäden bei jedem zehnten Jugendlichen zu befürchten. *HNO* 47: 225, 1999.
- (93) Zenner HP. Hören. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1994.
- (94) Zenner H-P. Schwerhörigkeit durch Freizeitlärm. *Deutsch Ärzteblatt* 96: A1052-A1053, 1999.

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich, Lars Rudel, geboren am 14.08.1979 in Beckendorf-Neindorf, erkläre:

1. dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,
2. dass ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben habe,
3. dass mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:
Dr. rer. nat. Edeltraut Emmerich
Priv. Doz. Dr. Frank Richter
4. dass ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen habe und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,
5. dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und
6. dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich bei der Entstehung dieser Arbeit unterstützt und begleitet haben.

Besonderer Dank gilt Frau Dr. rer. nat. Edeltraut Emmerich für die Überlassung und die großzügige Unterstützung bei der Bearbeitung des Themas.

Für die wertvollen und konstruktiven Hinweise bei der Überarbeitung der Unterlagen bedanke ich mich ganz herzlich bei Herrn Priv.Doiz. Dr. Frank Richter.

Ohne deren fachliche Anregungen und intensive persönliche Betreuung hätte diese Arbeit nicht entstehen können. Ich hoffe, dass noch viele die Möglichkeit haben werden, in diesem Umfeld zu promovieren.

Herrn Dipl.-Ing. Jürgen Grosch danke ich für die Hilfe bei den vielen technischen Messungen.

Bei den Assistentinnen Frau Kruse und Frau Struppert möchte ich mich für die wertvolle Unterstützung bei der Beschaffung der Literatur und der Hilfe bei den zahlreichen audiologischen Untersuchungen vor Ort bedanken.

Meiner Familie und meinen Freunden danke ich in besonderem Maß für die moralische Unterstützung und dem unermüdlichen Einsatz beim Korrekturlesen.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name:	Rudel
Vorname:	Lars
Geburtsdatum:	14.08.1979
Geburtsort:	Beckendorf-Neindorf
Familienstand:	ledig
Nationalität:	deutsch

Schulbildung:

09/1986 - 07/1990	Besuch der Goethe – Grundschule in Halberstadt
09/1990 - 07/1994	Besuch des Gymnasiums Martineum in Halberstadt
09/1994 – 07/1998	Erlangung des Abiturs am Käthe-Kollwitz-Gymnasium in Halberstadt

Zivildienst:

02/1999 – 04/2000	Altenheim Cecilienstift in Halberstadt
-------------------	--

Hochschulausbildung :

10/2000 – 06/2005	Studium der Zahnmedizin an der Friedrich – Schiller – Universität in Jena
07/2005 – 12/2005	Staatsexamen zur Erlangung der zahnärztlichen Approbation

Jena, 20.10.2006